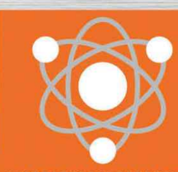




EL 99,99 % DE LOS ÁTOMOS DE HIDRÓGENO ES ESPACIO VACÍO

UNA CUCHARADITA DE MATERIAL DE ESTRELLA DE NEUTRONES PESA 5000 TONELADAS





EL CESIO ES TAN REACTIVO QUE SE INFLAMA SOLO AL CONTACTAR CON EL AIRE



CÓMO FUNCIONA LA CIENCIA

Guía gráfica de ciencia aplicada

LA DENSIDAD DE SATURNO ES TAN BAJA QUE EL PLANETA FLOTARÍA EN EL AGUA



LAS ESPONJAS DE MAR PUEDEN VIVIR MUCHO TIEMPO: MÁS DE 2000 AÑOS



TU CUERPO ESTÁ COMPUESTO POR 30 BILLONES DE CÉLULAS

CÓMO FUNCIONA LA CIENCIA



DK

CÓMO FUNCIONA LA CIENCIA



Consultores editoriales
Robert Dinwiddie, Hilary Lamb, Profesor Donald R. Franceschetti, Profesor Mark Viney

Edición del proyecto de arte
Francis Wong, Mik Gates, Clare Joyce, Duncan Turner, Steve Woosnam-Savage

Diseño
Gregory McCarthy

Ilustración
Edwood Burn, Dominic Clifford, Mark Clifton, Phil Gamble, Gus Scott

Edición ejecutiva de arte
Michael Duffy

Diseño de cubierta
Suhita Dharamjit

Diseño de cubierta sénior
Mark Cavanagh

Diseño sénior DTP
Harish Aggarwal

Coordinación editorial de cubiertas
Priyanka Sharma

Producción, preproducción
David Almond

Producción sénior
Alex Bell

Dirección de arte
Karen Self

Colaboradores
Derek Harvey, Tom Jackson, Ginny Smith, Alison Sturgeon, John Woodward

Edición sénior
Peter Frances, Rob Houston

Edición del proyecto
Lili Bryant, Martyn Page, Miezan van Zyl

Edición
Claire Gell, Nathan Joyce, Francesco Piscitelli

Edición ejecutiva
Angeles Gavira Guerrero

Edición de cubierta
Claire Gell

Dirección de desarrollo del diseño de cubierta
Sophia MTT

Edición ejecutiva de cubierta
Saloni Singh

Producción
Anna Vallarino

Dirección editorial
Liz Wheeler

Dirección general editorial
Jonathan Metcalf

De la edición española

Coordinación editorial
Elsa Vicente

Servicios editoriales
Tinta Simpàtica

Asistencia editorial y producción
Lisa De Jesus

Traducción
Ismael Belda y Ruben Giró i Anglada

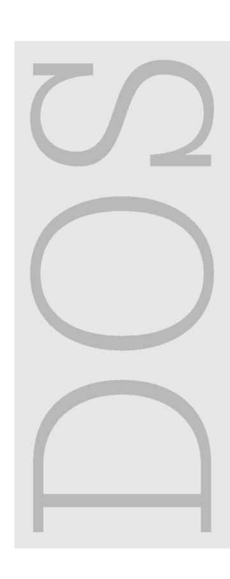
Publicado originalmente en Gran Bretaña en 2018
por Dorling Kindersley Ltd
DK, One Embassy Gardens, 8 Viaduct Gardens, London, SW11 7BW
Parte de Penguin Random House

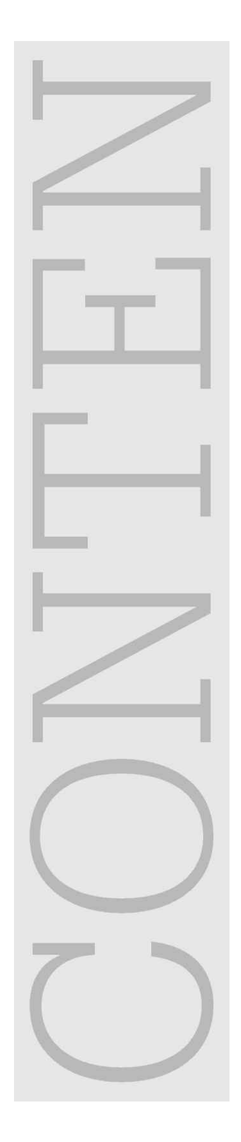
Título original: *How Science Works*
Primera edición: 2019

ISBN: 978-0-2414-1434-7

Impreso en China

Para mentes curiosas
www.dkespañol.com





LA MATERIA

ENERGÍA Y FUERZAS

LA VIDA

EL ESPACIO

LA TIERRA

¿Por qué la ciencia es especial?

La ciencia no es solo una serie de hechos, es una forma sistemática de pensar basada en la evidencia y la lógica. Aunque no es perfecta, es la mejor forma que tenemos de entender nuestro universo.

¿Qué es la ciencia?

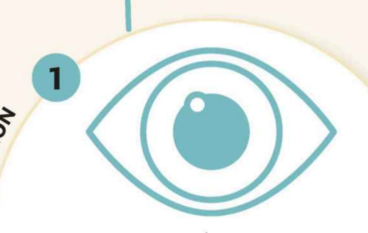
La ciencia es una forma de investigar y comprender el mundo natural y social, y de aplicar la información así obtenida. Actualiza continuamente su información y cambia nuestra comprensión del mundo. Se basa en evidencias mesurables y debe seguir pasos lógicos para generalizar esa evidencia y usarla en otras predicciones. La misma palabra *ciencia* también se emplea para designar el corpus de conocimiento que hemos acumulado mediante este proceso.



El método científico

El método científico varía según la disciplina, pero por lo común consiste en generar una hipótesis, ponerla a prueba, usar los datos obtenidos para actualizar y refinar esa hipótesis y, en el mejor de los casos, formular una teoría general que explique por qué la hipótesis es válida. Para que los datos sean fiables, es importante repetir los experimentos, preferiblemente en laboratorios diferentes. Si la segunda vez los resultados difieren, quizá el resultado no es tan fiable ni susceptible de generalización como se había pensado en un principio.

1 OBSERVACIÓN



La ciencia a menudo comienza a partir de observaciones, ya sea de fenómenos raros que solo pueden estudiarse en un laboratorio o de efectos cotidianos, como por ejemplo darse cuenta de que los melocotones se pudren antes en un frutero que en el frigorífico.

2 PREGUNTA

Estas observaciones se convierten en preguntas: un científico puede querer descubrir por qué cierta bacteria crece mejor en un medio que en otro, o por qué los melocotones se estropean antes en el frutero.

3 INVESTIGACIÓN

Estudiar el tema puede mostrar si otros se han hecho antes las mismas preguntas (y si las han respondido). Investigaciones relacionadas pueden darnos ideas: quizá alguien ha estudiado la maduración de otras frutas distintas.

10 PUBLICACIÓN DE REVISIÓN POR PARES



Los estudios que escriben los científicos sobre sus hallazgos son analizados por otros expertos, que buscan problemas en el método del experimento o en las conclusiones del mismo. Si el estudio se acepta, se publica y queda disponible para otros.

Un proceso continuo
La ciencia nunca termina del todo. Continuamente se generan nuevos datos y las teorías deben refinarse para incluirlos. Los científicos saben que su trabajo probablemente será superado por experimentos futuros.

4 FORMULAR HIPÓTESIS



El siguiente paso es crear una hipótesis comprobable: una predicción sobre qué es lo que causa el fenómeno. Una hipótesis podría ser: «La temperatura más fría de la nevera evita que se pudran los melocotones».

5 PREDICCIONES COMPROBABLES



Las predicciones deben partir de forma lógica de una hipótesis, ser específicas y comprobables experimentalmente. Por ejemplo: «Si la temperatura afecta a la maduración, un melocotón a 22 °C se pudrirá antes que otro a 8 °C».

6 RECOGER DATOS EXPERIMENTALES



Se recogen datos para ver si estos se corresponden con la hipótesis. Los experimentos deben diseñarse con cuidado para asegurarse de que no existe una explicación del resultado distinta de la que nos interesa.

7 ANALIZAR LOS DATOS



Los hallazgos de un experimento deben analizarse estadísticamente para comprobar que no son el resultado de fluctuaciones casuales. Para estar más seguros, los experimentos deben valerse de una muestra lo más grande posible.

8 ¿ESTÁ CORROBORADA LA HIPÓTESIS?

Si los resultados concuerdan con las predicciones, crece la confianza en la hipótesis. Nunca se puede probar una hipótesis, pues experimentos futuros pueden refutarla, pero cuanto mayor sea la corroboración experimental, más fiable será esta.

9 REFINAR, ALTERAR O RECHAZAR



Si el resultado inicial del experimento no concuerda del todo con las predicciones, quizá se puede encontrar algún indicativo de por qué ocurre eso y comenzar de nuevo el proceso refinando la hipótesis, alterándola o bien rechazándola y formulando una nueva.

TÉRMINOS IMPORTANTES

HIPÓTESIS
Una hipótesis es una explicación potencial de un fenómeno basada en nuestro conocimiento actual. Para ser científica, ha de ser falsable.

TEORÍA
Las teorías son modos de explicar hechos conocidos. Se desarrollan a partir de diversas hipótesis relacionadas y están corroboradas por la evidencia.

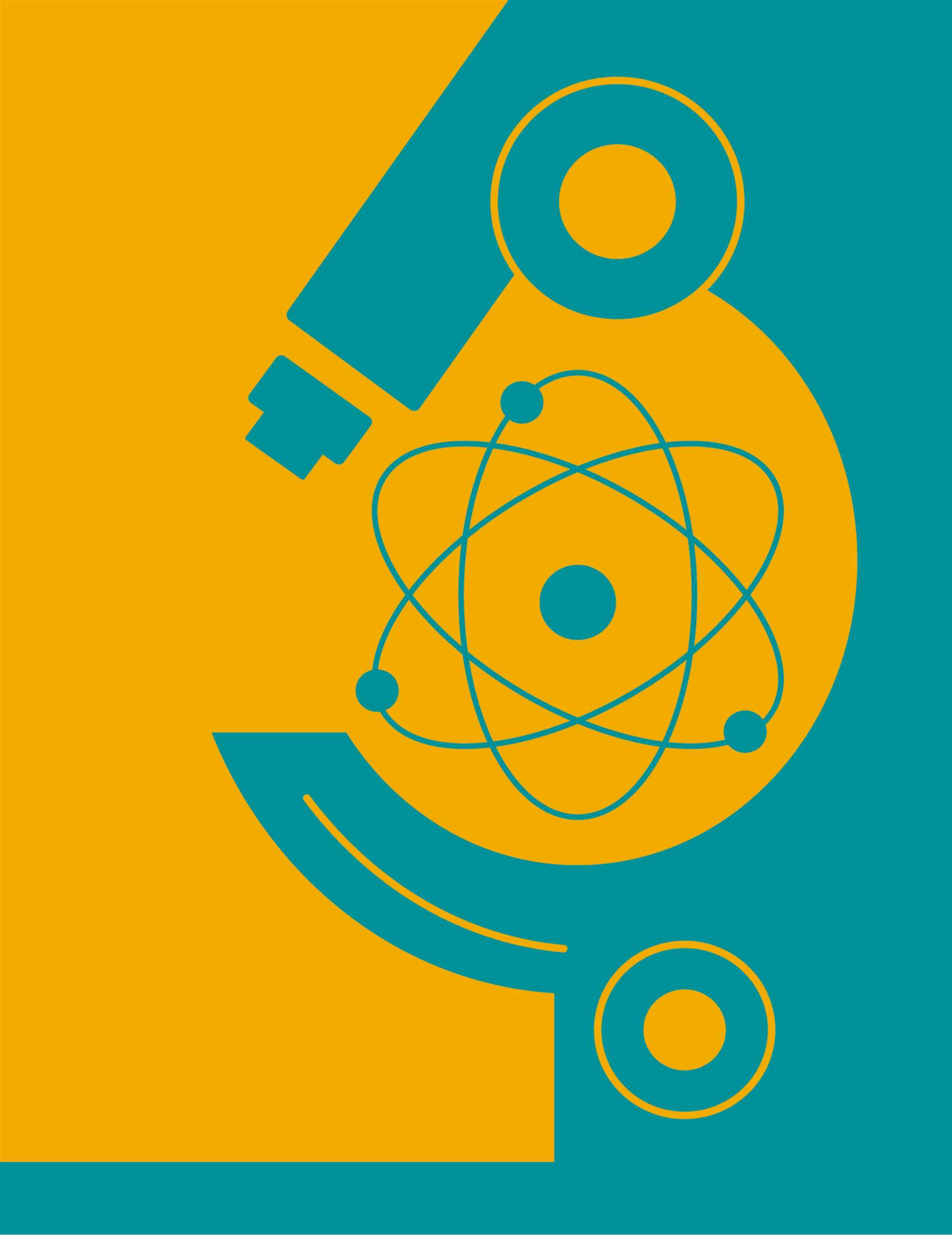
LEY
Una ley no explica, solo describe algo que se ha comprobado cada vez que se ha testado.

HIPÓTESIS: CARACTERÍSTICAS

ALCANCE
Las hipótesis de amplio alcance explican diversos fenómenos; las de alcance reducido explican solo un ejemplo específico.

COMPROBABLE
Debe poderse comprobar una hipótesis. A no ser que pueda ser corroborada por la evidencia, hay que rechazarla.

FALSABLE
Debe poderse probar que una hipótesis es errónea. «Los fantasmas existen» no es científico, pues ningún experimento puede falsarlo.



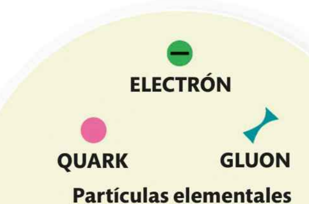
LA MATERIA

¿Qué es la materia?

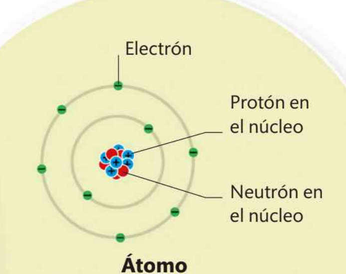
En general, materia es todo aquello que ocupa espacio y tiene masa. Eso significa que es diferente de la energía, la luz o el sonido, que no cumplen ninguna de esas dos propiedades.

La estructura de la materia

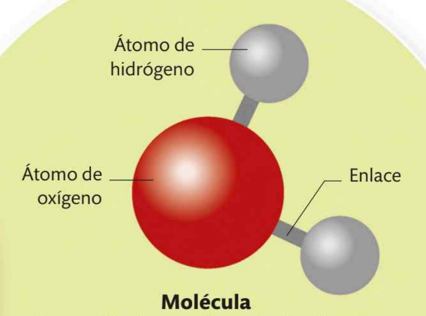
En su nivel más fundamental, la materia está compuesta de partículas elementales, como quarks y electrones. Las combinaciones de partículas elementales forman átomos, que a veces se unen unos con otros en moléculas. Los tipos de átomos que componen la materia determinan sus propiedades. Si los átomos o moléculas forman enlaces fuertes unos con otros, el material es sólido a temperatura ambiente. Los enlaces más débiles forman líquidos o gases.



Partículas elementales
Los protones y neutrones de los átomos están compuestos por unas partículas elementales conocidas como quarks. Los gluones mantienen unidos los quarks en el núcleo. Toda la materia conocida está hecha solo de electrones, quarks y gluones.



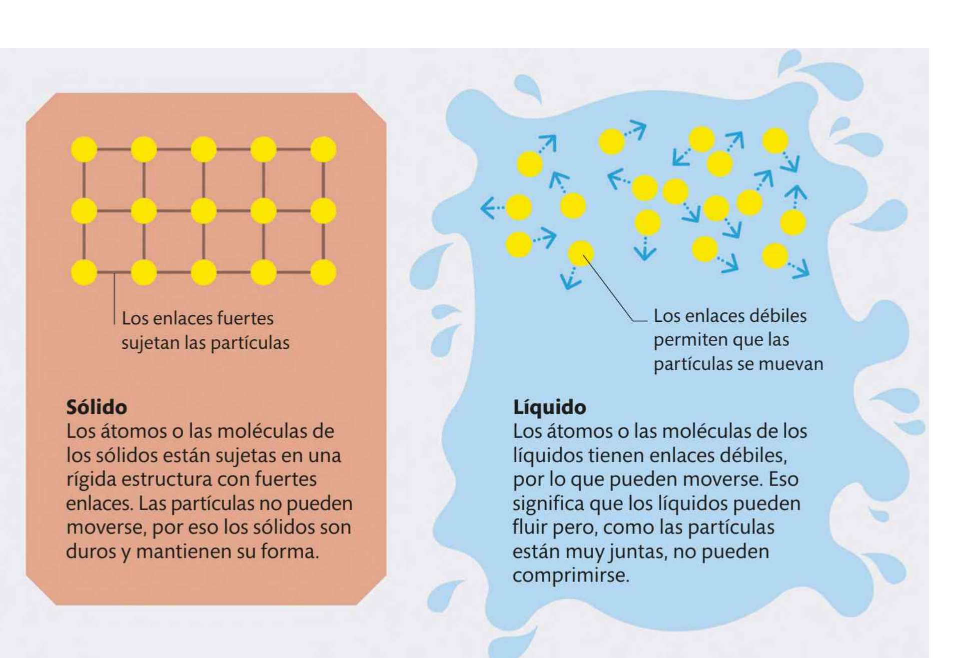
Átomo
Los núcleos de los átomos se componen de protones y neutrones y tienen electrones que orbitan a su alrededor. Los átomos de diferentes elementos tienen un número distinto de protones en el núcleo.



Molécula
Las moléculas pueden estar hechas de átomos diferentes –como el agua, que consiste en dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno–, o de átomos idénticos –como una molécula de oxígeno, que consta de dos átomos de oxígeno.

Estados de la materia

Los principales estados de la materia son el sólido, el líquido y el gaseoso. En frío o calor extremos se producen otros estados menos habituales. La materia puede cambiar de un estado a otro dependiendo de cuánta energía tenga y de los enlaces entre los átomos o las moléculas que la constituyen. Por ejemplo, el aluminio posee un punto de fusión más bajo que el cobre porque los enlaces entre sus átomos son más débiles.



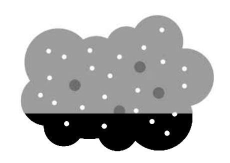
Sólido
Los átomos o las moléculas de los sólidos están sujetas en una rígida estructura con fuertes enlaces. Las partículas no pueden moverse, por eso los sólidos son duros y mantienen su forma.

Líquido
Los átomos o las moléculas de los líquidos tienen enlaces débiles, por lo que pueden moverse. Eso significa que los líquidos pueden fluir pero, como las partículas están muy juntas, no pueden comprimirse.

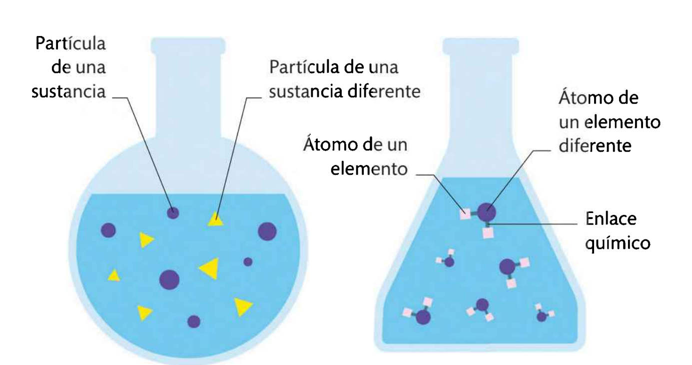


Mezclas y compuestos

Los átomos se combinan en una enorme variedad de formas para formar distintos tipos de materia. Cuando se unen químicamente, forman compuestos, como por ejemplo el agua, un compuesto de oxígeno e hidrógeno. Sin embargo, hay átomos y moléculas que no forman enlaces fácilmente, por lo que al combinarse con otros no cambian químicamente: eso recibe el nombre de mezcla. Ejemplos de mezclas son la arena, la sal o el aire, que es una mezcla de gases.



CASI **EL 99 % DE LA MATERIA** DEL UNIVERSO SE HALLA EN FORMA DE **PLASMA**

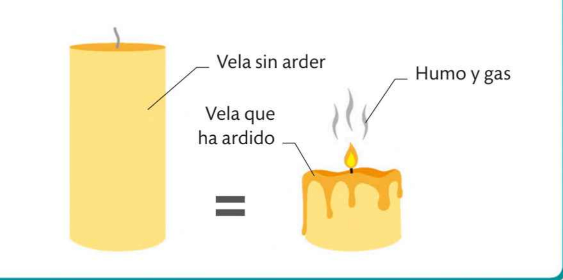


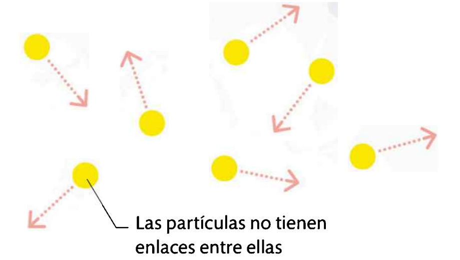
Mezcla
En las mezclas, las sustancias originales no cambian, por lo que pueden separarse físicamente, colándolas, filtrándolas o destilándolas.

Compuesto
Cuando los átomos o las moléculas reaccionan, forman un nuevo compuesto. Ya no pueden volver a su forma física original, y para separarlos haría falta romper sus enlaces químicos.

LA CONSERVACIÓN DE LA MASA

En las reacciones químicas o cambios físicos ordinarios (como al arder una vela), la masa de los productos es igual a la masa de los reactivos. No se pierde ni se gana materia. No obstante, esta «ley» se rompe en condiciones extremas, como en las reacciones nucleares de fusión (ver p. 37), en las que la masa se transforma en energía.

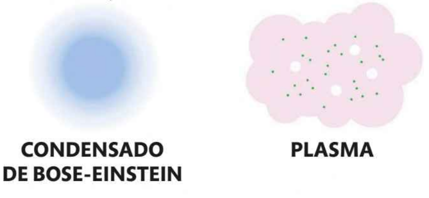




Gas
Entre los átomos o moléculas de un gas no hay enlaces, así que pueden extenderse y llenar cualquier recipiente. Además, las partículas están alejadas entre sí, por eso un gas puede comprimirse, aunque hacerlo aumenta su presión.

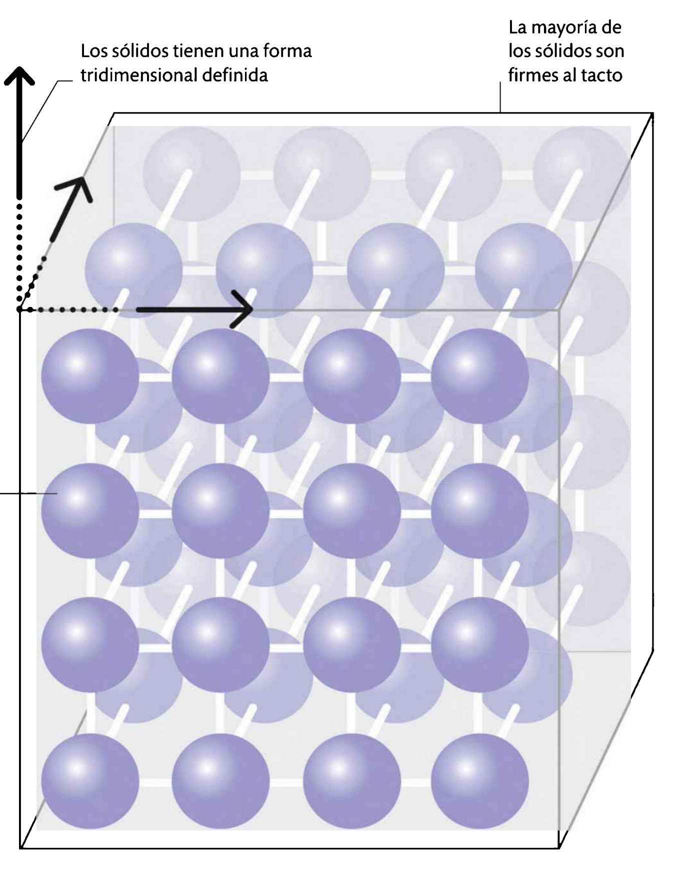
ESTADOS A ALTA Y BAJA TEMPERATURA

A temperaturas muy altas, los átomos de gas se dividen en iones (ver p. 40) y electrones, convirtiéndose así en plasma, que conduce la electricidad. A temperaturas muy bajas, pueden formarse condensados de Bose-Einstein (ver p. 22), cambiando radicalmente las propiedades de la materia. En ese estado, los átomos empiezan a actuar de forma extraña, como si fueran uno solo.



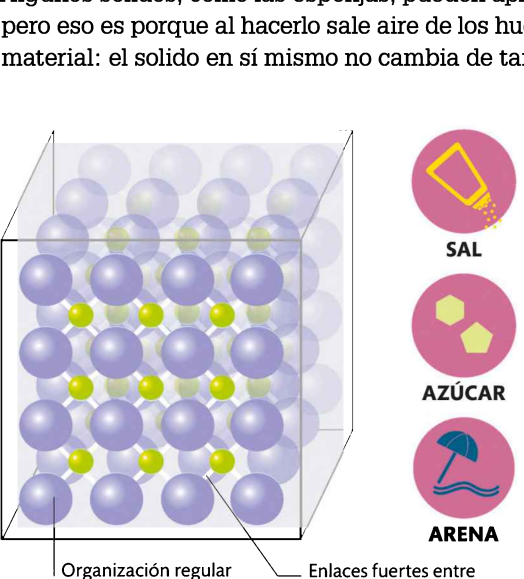
Sólidos

Un sólido es la forma más ordenada de la materia. Todos los átomos o moléculas de un sólido están interconectados para formar un objeto con una forma y un volumen fijos (aunque se pueda alterar la forma aplicando fuerza). Sin embargo, los sólidos abarcan un grupo diverso de materiales con propiedades que pueden variar en gran medida según el sólido.

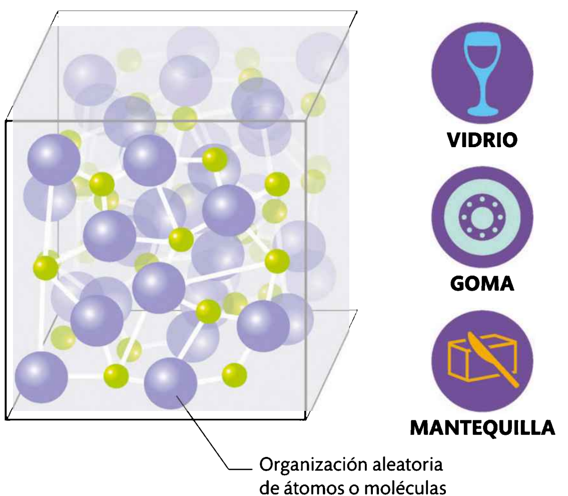


¿Qué es un sólido?

Los sólidos son firmes al tacto y tienen forma definida; no adoptan la forma de su recipiente, como los líquidos y los gases. Los átomos de los sólidos están muy apretados, por lo que no pueden comprimirse en un volumen menor. Algunos sólidos, como las esponjas, pueden aplastarse, pero eso es porque al hacerlo sale aire de los huecos del material: el solido en sí mismo no cambia de tamaño.



Sólidos cristalinos
Los átomos o las moléculas de los sólidos cristalinos están dispuestos en una estructura regular. Algunas sustancias, como el diamante (una forma cristalina del carbono), producen un solo cristal grande. Con todo, la mayoría están compuestos de multitud de cristales más pequeños.

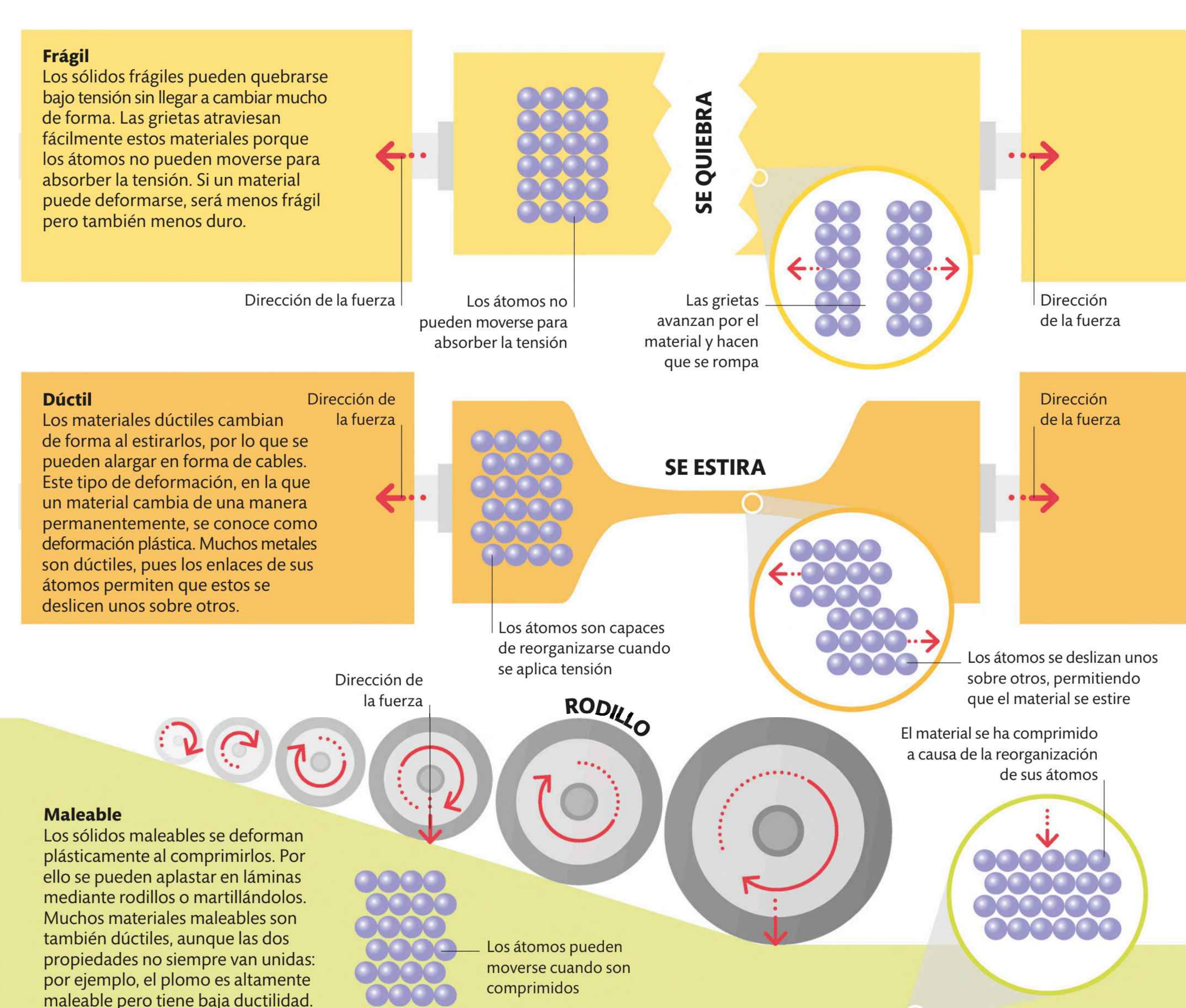


Sólidos amorfos
A diferencia de lo que ocurre con los sólidos cristalinos, los átomos o moléculas de que están compuestos los sólidos amorfos no están dispuestos en una estructura regular. Por el contrario, están organizados como los de un líquido, aunque son incapaces de moverse.

Propiedades de los sólidos

Los sólidos poseen una amplia variedad de propiedades; por ejemplo, pueden ser fuertes o débiles, duros o relativamente blandos, regresar a su forma original tras ser sometidos a presión o bien quedar deformados permanentemente. Las propiedades de un material sólido dependen de los átomos y las moléculas que lo componen, de que sea cristalino o amorfo y de que haya o no defectos en el material.

LA LONSDALEÍTA, UNA RARA FORMA DE **DIAMANTE,** ES EL **SÓLIDO MÁS DURO CONOCIDO,** CASI UN **60% MÁS** QUE LOS DIAMANTES NORMALES

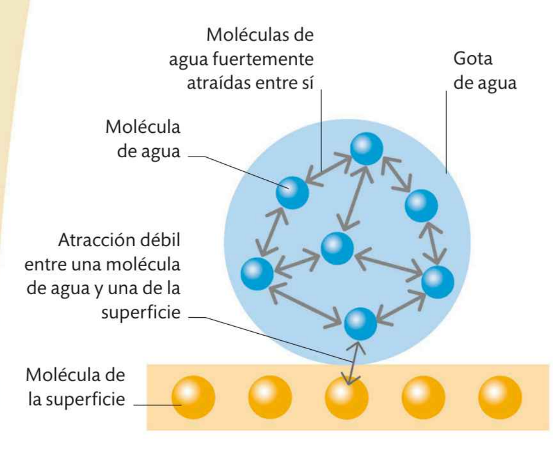


Líquidos

En los líquidos, los átomos o moléculas están muy juntos. Los enlaces son más fuertes que en los gases pero más débiles que en los sólidos, lo que permite que las partículas se muevan libremente.

Mojabilidad

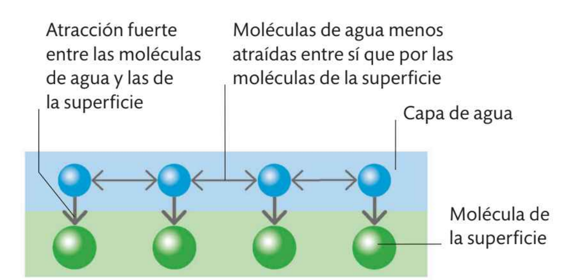
La mojabilidad es el grado en que un líquido mantiene contacto con una superficie sólida. El que un líquido moje una superficie depende de las fuerzas de atracción del líquido en relación con la atracción entre el líquido y la superficie.



No mojabilidad
En las superficies impermeables, el agua forma gotas porque las moléculas de agua están menos atraídas por las moléculas de la superficie que entre sí mismas.

¿CUÁL ES EL LÍQUIDO MÁS VISCOSO?

El asfalto, que se usa para hacer carreteras, es el líquido más viscoso conocido. Es unos 20 000 millones de veces más viscoso que el agua a la misma temperatura.



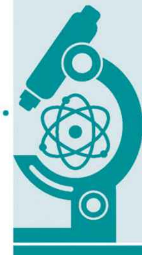
Mojado
El agua moja una superficie –formando una capa sobre ella– cuando las moléculas de agua están más atraídas por las moléculas de la superficie que por otras moléculas de agua.

Las partículas, juntas, se mueven libremente

Flujo libre

Los líquidos fluyen y adoptan la forma de su recipiente. Sus átomos o moléculas están muy unidos, lo que implica que no se pueden comprimir. La densidad de los líquidos es mayor que la de los gases y suele ser similar o ligeramente inferior a la de los sólidos, excepto en el caso del agua (ver pp. 56-57).

Moléculas de líquidos
A diferencia de los sólidos, los átomos o moléculas de los líquidos están dispuestos de manera aleatoria. Los enlaces son débiles y continuamente se rompen y reconstituyen al moverse las partículas unas junto a otras.





AGUA

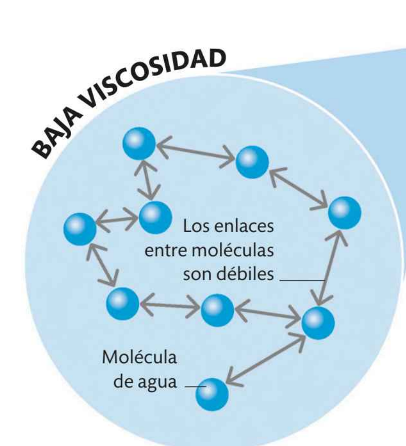
ACEITE DE OLIVA

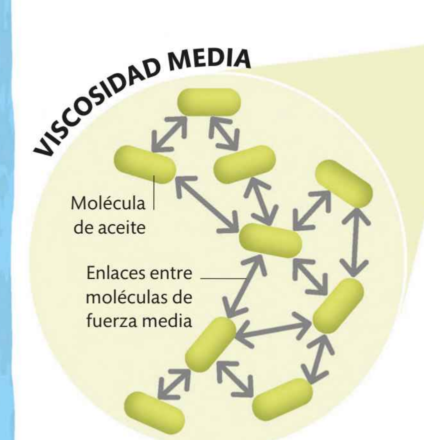
MIEL

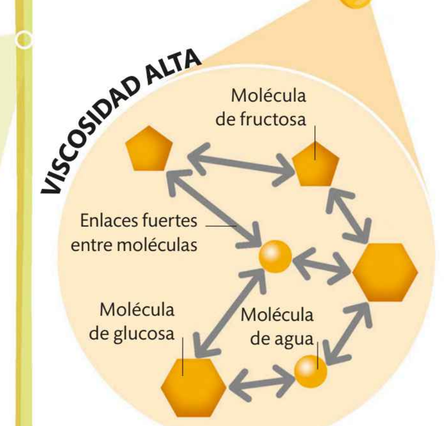
La viscosidad se mide en unidades llamadas centipoises. El agua posee una viscosidad de 1 centipoise a 21 °C

El aceite de oliva tiene una viscosidad de unos 85 centipoises a 21 °C

La miel tiene una viscosidad de unos 10 000 centipoises a 21 °C







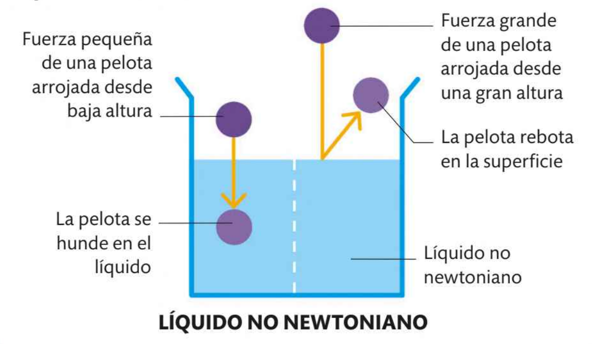
Los líquidos fluyen
Los líquidos con baja viscosidad, como el agua, fluyen fácilmente porque los enlaces entre sus moléculas son débiles. Por contra, la miel fluye con mucha menos facilidad a la misma temperatura debido a la fuerza de sus enlaces intermoleculares.

Viscosidad

La viscosidad es la medida de la facilidad con que fluye un líquido. Un líquido con baja viscosidad fluye con facilidad y se lo suele calificar de «diluido», mientras que un líquido «espeso», altamente viscoso, fluye con menor facilidad. La viscosidad está determinada por los enlaces entre las moléculas: cuanto más fuertes sean los enlaces, más viscoso será el líquido. Incrementar la temperatura de un líquido disminuye su viscosidad, pues las moléculas tienen más energía para vencer los enlaces intermoleculares.

LÍQUIDOS NO NEWTONIANOS

A diferencia de los líquidos newtonianos, como el agua, la viscosidad de los fluidos no newtonianos varía según la fuerza que se aplique. Por ejemplo, una mezcla de harina de maíz y agua se hace más consistente al aplicársele una gran fuerza, y por eso una pelota arrojada desde una gran altura rebota en la superficie, mientras que otra arrojada desde baja altura se hunde.



LÍQUIDO NO NEWTONIANO

Gases

Los gases están por todas partes y no solemos prestarles atención. Sin embargo, junto con los sólidos y los líquidos, son uno de los principales estados de la materia, y son vitales para la vida en la Tierra. Así, para respirar, aumentamos el volumen de los pulmones, lo que reduce la presión en su interior y hace que el aire entre.

Las partículas se mueven libremente, por lo que un gas no tiene ni forma ni volumen fijos

Las partículas no tienen enlaces entre sí

El espacio entre las partículas permite comprimir los gases

PARTÍCULAS DE GAS (ÁTOMOS O MOLÉCULAS)

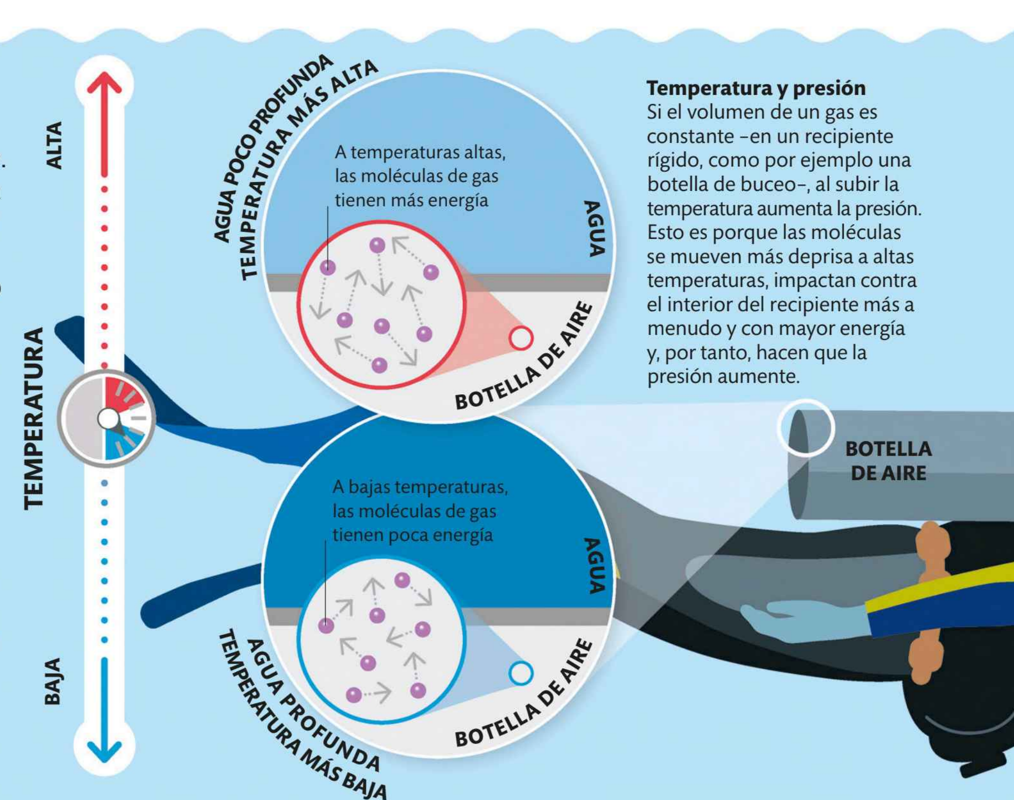
¿Qué es un gas?

Los gases están compuestos de átomos individuales, de moléculas o de dos o más átomos. Estas partículas tienen mucha energía y se mueven deprisa, llenando su recipiente y adoptando su forma. Hay mucho espacio entre las partículas, por eso pueden comprimirse.



Cómo se comportan

El comportamiento de un gas se describe mediante tres leyes. Estas relacionan el volumen, la presión y la temperatura de un gas y muestran cómo estos parámetros cambian cuando lo hacen los demás. Estas leyes asumen el comportamiento de un gas «ideal» en el que no hay interacciones entre las partículas individuales de gas y estas se mueven de forma aleatoria y sin ocupar espacio. A pesar de que ningún gas posee esas características, estas leyes describen el comportamiento de la mayoría de los gases a temperatura y presión normales.

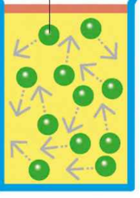


Temperatura y presión
Si el volumen de un gas es constante –en un recipiente rígido, como por ejemplo una botella de buceo–, al subir la temperatura aumenta la presión. Esto es porque las moléculas se mueven más deprisa a altas temperaturas, impactan contra el interior del recipiente más a menudo y con mayor energía y, por tanto, hacen que la presión aumente.

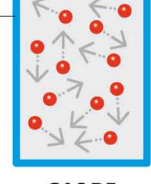
LEY DE AVOGADRO

La ley de Avogadro determina que, a presión y temperatura iguales, el mismo volumen de cualquier gas contiene el mismo número de moléculas. Por ejemplo, aunque las moléculas de gas de cloro tienen más o menos el doble de masa que las de oxígeno, en recipientes del mismo tamaño y a la misma temperatura y presión hay el mismo número de ambas.

Las moléculas de cloro pesan más o menos el doble que las de oxígeno



Las dos botellas son del mismo volumen, así que contienen igual número de moléculas de gas

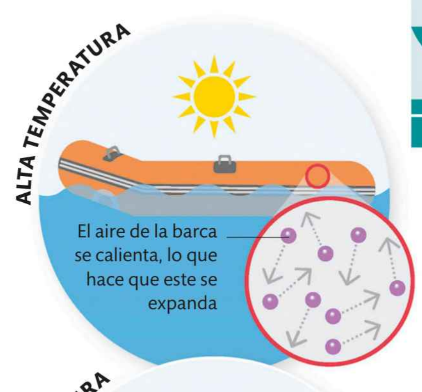


GAS DE CLORO

GAS DE OXÍGENO

Temperatura y volumen
Si el volumen de un gas no está restringido (a diferencia de lo que ocurre en un recipiente rígido, por ejemplo), el gas se expande a medida que se calienta y sus moléculas adquieren más energía. Cuanto más alta sea la temperatura del gas, mayor será su volumen. Por ejemplo, si el aire de una barca hinchable se calienta por el sol, se expandirá e hinchará más el bote.

ALTA TEMPERATURA



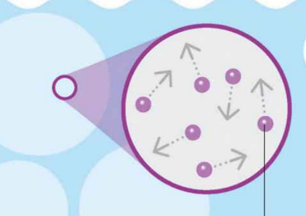
El aire de la barca se calienta, lo que hace que este se expanda

BAJA TEMPERATURA

El aire de la barca hinchable está frío, por lo que ocupa menos espacio

BARCA HINCHABLE

Presión y volumen
Si la temperatura de un gas permanece constante, incrementar la presión del gas reduce su volumen. Por el contrario, reducir la presión de un gas hace que aumente su volumen. Por eso las burbujas se expanden al ascender hacia la superficie de un líquido.



A una presión baja, el gas se expande y hace crecer la burbuja

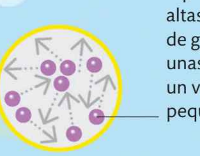
BAJA





PRESIÓN





A presiones más altas, las moléculas de gas se aprietan unas con otras en un volumen más pequeño



ALTA

¿POR QUÉ NO VEMOS EL AIRE?

Algo es visible solo si afecta a la luz, por ejemplo al reflejarla. El aire afecta a la luz solo de forma leve, así que suele ser invisible. Sin embargo, grandes cantidades de aire dispersan luz azul de forma perceptible, por eso el cielo es azul.

Estados extraños

Sólidos, líquidos y gases son los estados más habituales de la materia, pero no son los únicos. Los gases supercalentados pueden convertirse en plasmas, cuyas partículas, cargadas de alta energía, conducen la electricidad. A temperaturas muy bajas, algunas sustancias se convierten en superconductores o superfluidos y adquieren extrañas propiedades, como resistencia eléctrica cero o viscosidad cero.

Dónde encontrar plasma

El plasma abunda en el Sol. El plasma natural es raro en la Tierra, aunque ocurre en los rayos y en las auroras boreales. Se puede crear plasma de forma artificial haciendo pasar electricidad a través de un gas, como ocurre en la soldadura por arco eléctrico y en las luces de neón, por ejemplo.



Estrellas
En las estrellas, como el Sol, la temperatura es tan alta que el hidrógeno y el helio de su masa se ionizan y se convierten en plasma.



Aurora boreal
Cuando plasma del Sol llega a la Tierra, interactúa con la atmósfera y crea espectáculos de luz en las regiones polares.



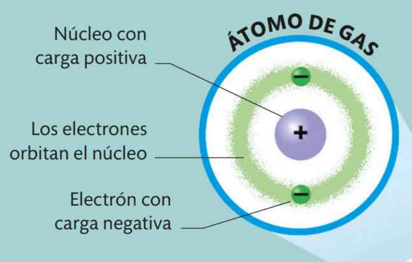
Rayos
Los relámpagos son líneas visibles de plasma que deja el paso de una corriente eléctrica desde una nube de tormenta hasta el suelo.

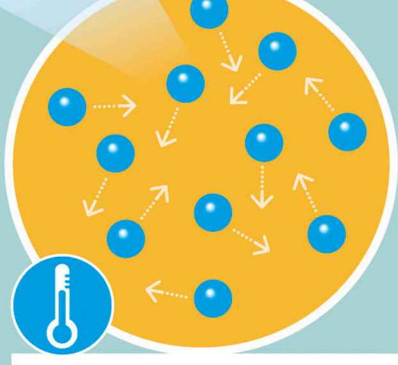


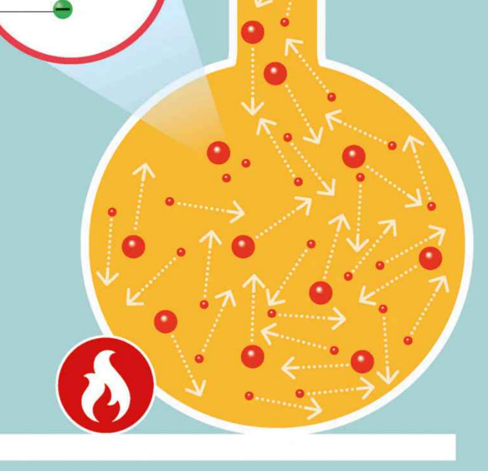
Luces de neón
La electricidad calienta el neón de la lámpara y lo transforma en plasma. Este, excitado por la electricidad, emite luz.



Soldadura por arco de plasma
Se usa electricidad para crear un chorro de plasma, que puede alcanzar unos 28 000 °C, suficientes para fundir el metal.







Plasma

A temperatura y presión normales, los gases existen en forma de átomos (compuestos de un núcleo de protones y neutrones orbitado por electrones) o de moléculas. Los plasmas se crean al dividir los átomos o las moléculas en electrones de carga negativa y núcleos de carga positiva o iones (ver p. 40). Esto se logra calentando un gas hasta que alcanza una temperatura muy alta o haciendo que lo atraviese una corriente eléctrica.

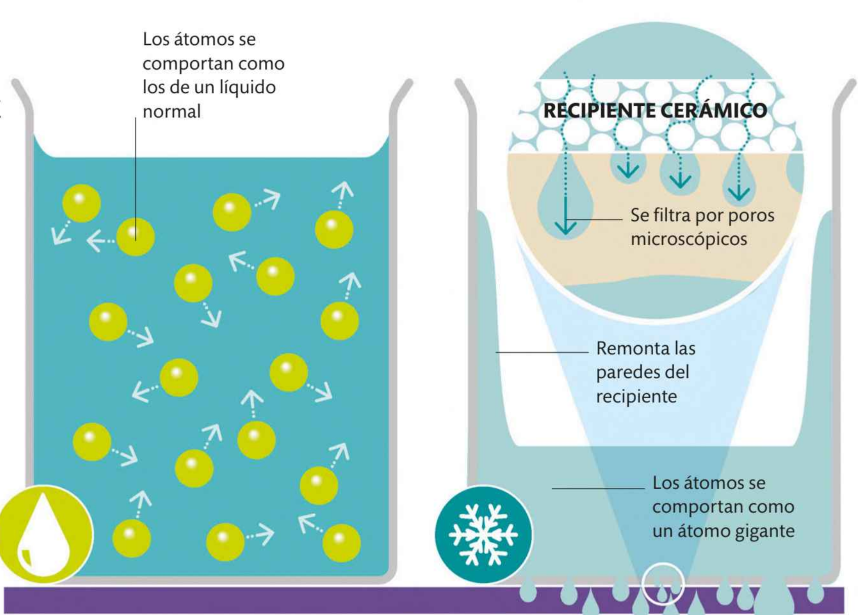
1 Gas a temperatura ambiente
En un gas a temperatura ambiente normal, hay electrones de carga negativa que orbitan en torno al núcleo de cada átomo y equilibran la carga positiva de los protones. A consecuencia de ello, los átomos tienen carga neutra.

2 Plasma cargado
En el plasma, los electrones se han separado de los átomos, y hay solo electrones de carga negativa y núcleos de carga positiva (iones). Electrones e iones se mueven libres, por eso el plasma es conductor de electricidad.



Superconductores y superfluidos

A temperaturas inferiores a 130 K (-143 °C), algunos materiales se convierten en superconductores: permiten que la electricidad los atraviese sin ofrecer resistencia. A temperaturas más bajas aún, el isótopo (ver p. 34) más común de helio, el helio-4, se convierte en un superfluido. Su viscosidad desciende a cero y fluye sin resistencia. A temperaturas cercanas al cero absoluto (0 K/ -273,15 °C), algunas sustancias forman un extraño estado que se conoce como condensado de Bose-Einstein (ver p. 22). Cada átomo de una sustancia suele comportarse de manera independiente, pero en un condensado Bose-Einstein todos los átomos actúan como un solo átomo gigante.



1 Helio líquido A presión atmosférica normal, el helio-4 se hace líquido a 4 K (-269 °C). A esa temperatura, se comporta como cualquier otro líquido: fluye hasta llenar un recipiente y se queda en el recipiente.

2 Helio líquido superfluido A unos 2 K (-271 °C), el helio-4 se convierte en un superfluido. Muestra comportamientos extraños, como fluir por poros microscópicos de los objetos sólidos y trepar por las paredes de su recipiente.

Usos de los superconductores

Los superconductores se usan para fabricar electroimanes muy potentes, que tienen aplicaciones como los aparatos de imagen por resonancia magnética (IRM), los trenes de levitación magnética y los aceleradores de partículas, que se usan para investigar la estructura de la materia.



Escáner IRM
En los escáneres IRM se usan superconductores para producir imágenes detalladas de los tejidos, como el cerebro.



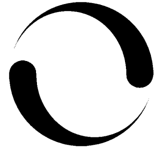
Aceleradores de partículas
Algunos aceleradores de partículas usan potentes imanes superconductores para guiar a las partículas.



Bomba electromagnética
Los superconductores se usan en las bombas electromagnéticas para producir una pulsación electromagnética que inutiliza los aparatos electrónicos.



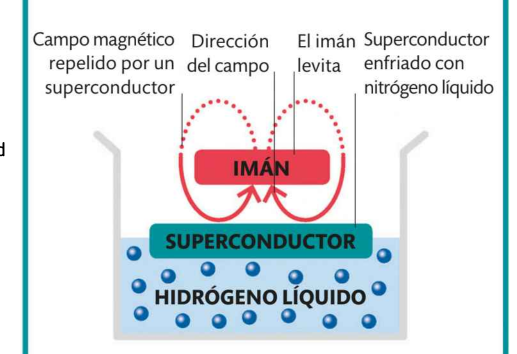
Trenes de levitación magnética
En los trenes de levitación magnética de alta velocidad imanes superconductores los hacen levitar y los propulsan hacia delante.



SI REMOVIÉRAMOS EL HELIO **SUPERFLUIDO,** ESTE **GIRARÍA PARA SIEMPRE**

EFECTO MEISSNER

Los superconductores no permiten pasar a través de ellos ningún campo magnético, sino que los repelen, en un fenómeno que se conoce como efecto Meissner. Si se pone un imán sobre un material superconductor enfriado a su temperatura crítica (aquella a la que se convierte en superconductor), este repele el imán y hace que levite.



Transformar la materia

Sólido, líquido, gas y plasma son los estados más conocidos de la materia, pero hay otro estado extraño conocido como condensado de Bose-Einstein. Transformar la materia de un estado a otro conlleva añadir o sustraer energía.

Obtener energía

Cuando una sustancia obtiene energía, sus partículas (átomos o moléculas) pueden vibrar y moverse más libremente. Si se añade la suficiente energía, los enlaces entre las partículas en sólidos y líquidos pueden romperse, cambiando así el estado de la sustancia. En un gas, la energía puede separar los electrones de las partículas y formar plasma.

0,01 °C ES EL **PUNTO TRIPLE DEL AGUA,** AQUELLA TEMPERATURA A LA CUAL PUEDE SER **SÓLIDA, LÍQUIDA Y GASEOSA** AL MISMO TIEMPO

SUBLIMACIÓN

Algunos sólidos, como el dióxido de carbono congelado («hielo seco»), pasan de la fase sólida a la gaseosa directamente. Toda sustancia puede sublimarse en las condiciones adecuadas de temperatura y presión, pero es algo relativamente raro en condiciones normales.

FUSIÓN

A medida que aumenta la energía de una sustancia sólida, los enlaces que sujetan las partículas vibran más. Finalmente, estos se rompen y la sustancia se vuelve líquida. Sus partículas todavía se atraen unas a otras, pero ahora pueden moverse más libremente.

LÍQUIDO

En un líquido, los átomos o moléculas están unidos de forma menos rígida que en un sólido y, en consecuencia, pueden fluir.

NIVEL DE ENERGÍA

BAJO

SÓLIDO

En un sólido, los átomos o las moléculas están firmemente unidas en una forma rígida.

CONDENSADO BOSE-EINSTEIN

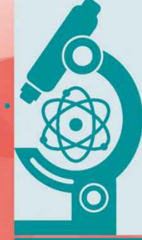
Un extraño estado de la materia en el que los átomos tienen tan poca energía que actúan como si todos ellos estuvieran en todas partes a la vez, como un solo átomo. La mayoría de las sustancias no pueden formar condensados Bose-Einstein.

CONGELACIÓN

Cuando un líquido pierde energía, sus átomos o moléculas se ralentizan y las fuerzas de atracción entre estas las unen más estrechamente. Las partículas se organizan de forma ordenada, formando un cristal, o de forma aleatoria, formando un sólido amorfo.

SOBREFUSIÓN

Enfriar las formas gaseosas de ciertas sustancias a unas pocas millonésimas de grado sobre el cero absoluto (0 K/ -273,15 °C) reduce tanto la energía de los átomos que estos se quedan casi inmóviles y se apelotonan todos juntos.



IONIZACIÓN

Con alta energía, los electrones se separan de sus átomos y producen plasma: electrones de carga negativa e iones (átomos o moléculas que han perdido sus electrones) de carga positiva. El plasma está en las estrellas, las luces de neón y las pantallas de plasma.

PLASMA

El plasma, a veces llamado el cuarto estado de la materia, consiste en una nube de electrones libres y de iones de carga positiva.

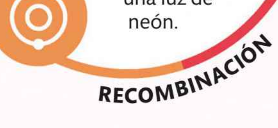
EVAPORACIÓN

A baja temperatura, hay partículas en la superficie de un líquido que escapan en forma de vapor. A más energía, más evaporación. En el punto de ebullición de una sustancia, incluso las partículas alejadas de la superficie tienen energía suficiente para evaporarse.

ALTO

GAS

En un gas, los átomos o las moléculas se mueven libremente porque no hay enlaces entre ellos.



RECOMBINACIÓN

En la recombinación, el plasma se convierte de nuevo en gas. Cuando el nivel de energía del plasma desciende, los iones positivos recapturan los electrones libres y la sustancia vuelve a ser un gas, como ocurre cuando se apaga una luz de neón.

CONDENSACIÓN

La condensación, el proceso opuesto a la evaporación, ocurre cuando la temperatura desciende y los átomos o las moléculas de gas dispersan energía. Las partículas se mueven más despacio y el gas se condensa y toma la forma de un líquido.

DEPOSICIÓN

El proceso opuesto a la sublimación, la deposición, tiene lugar cuando un gas se convierte directamente en sólido sin pasar por la fase líquida. La escarcha es un ejemplo común: el vapor de agua se solidifica en las superficies a temperaturas muy frías.

Perder energía

Cuando una sustancia pierde energía, sus átomos o moléculas se mueven más despacio. Si pierde mucha, puede cambiar de estado, generalmente de plasma a gas, de gas a líquido y de líquido a sólido. En ciertas condiciones, algunas sustancias se saltan estados, como cuando el vapor de agua se deposita como escarcha.

CALOR LATENTE

El calor latente es la energía que libera o absorbe una sustancia cuando cambia de fase. El sudor nos refresca porque su evaporación absorbe calor de la piel.



En un átomo

Durante mucho tiempo se pensó que los átomos eran indivisibles, pero sabemos que están compuestos de protones, neutrones y electrones. El número de estas partículas determina el tipo de átomo y sus propiedades químicas y físicas.

Estructura de un átomo

Un átomo consiste en un núcleo central que está rodeado de uno o más electrones. El núcleo contiene protones, de carga positiva, y, salvo en el caso del hidrógeno, neutrones, de carga neutra. La mayor parte de la masa de un átomo está en su núcleo. En torno a este, orbitan los diminutos electrones, de carga negativa, sujetos por la atracción de los protones. Un átomo siempre tiene igual número de protones que de electrones, por lo que las cargas positivas y negativas se neutralizan y los átomos son eléctricamente neutros.

Protón en el núcleo

Neutrón en el núcleo

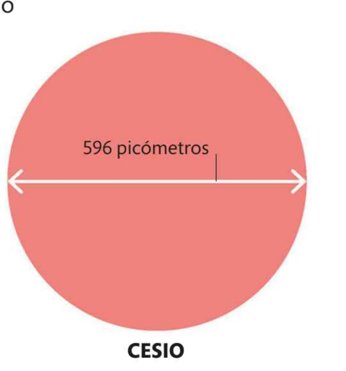
Atracción entre los electrones, de carga negativa, y los protones del núcleo, de carga positiva

Estructura de un átomo de helio
Cada átomo de helio tiene dos protones y dos neutrones en su núcleo orbitado por electrones.

Región en la que es menos probable hallar electrones

TAMAÑOS ATÓMICOS

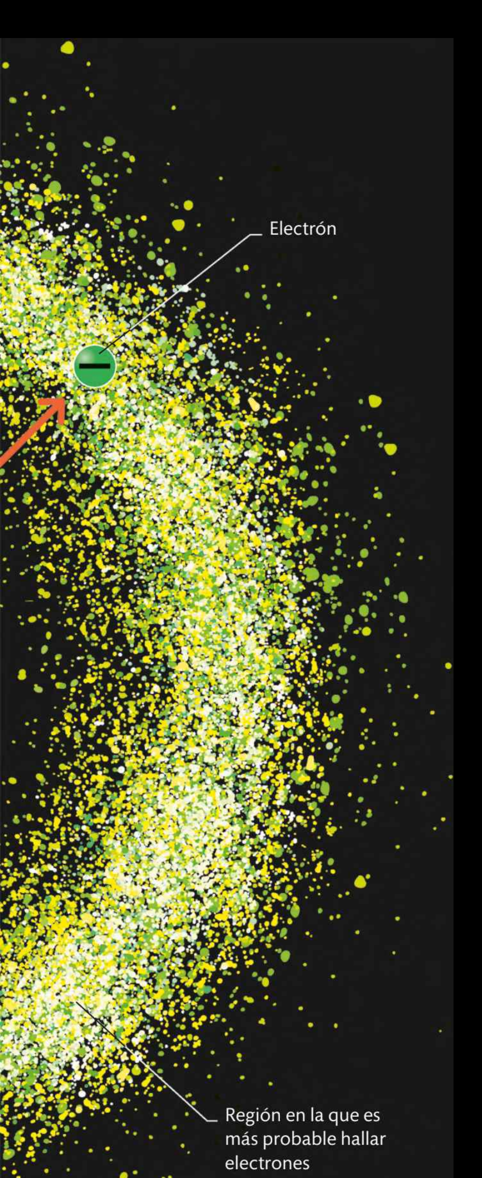
El elemento que tiene el átomo más pequeño es el hidrógeno, que solo tiene un protón y un electrón. Su diámetro es de unos 106 picómetros (billonésima parte de un metro). El cesio es uno de los átomos más grandes: 55 electrones orbitan su núcleo y mide unos 596 picómetros de diámetro, por lo que es unas seis veces más ancho que el de hidrógeno.



106 picómetros

HIDRÓGENO

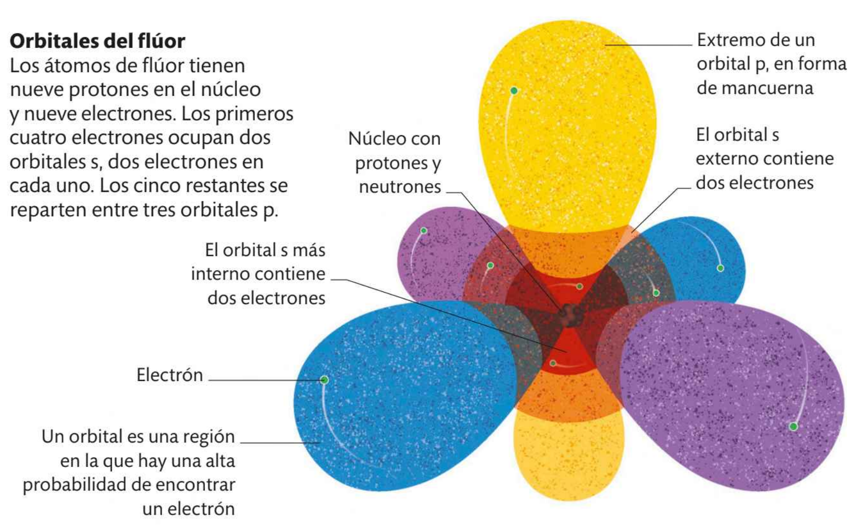
EL **99 %** DE UN **ÁTOMO** DE **HIDRÓGENO** ES SOLO **ESPACIO VACÍO**



Orbitales de los electrones

Los electrones no orbitan el núcleo como los planetas alrededor del Sol. A causa de los efectos cuánticos (ver p. 30), es imposible localizar exactamente un electrón. Sin embargo, estos se encuentran en regiones llamadas orbitales: áreas en torno al núcleo en las que es más probable encontrarlos. Hay cuatro tipos principales de orbitales: orbitales s, que son esféricos; orbitales p, que tienen forma de mancuerna; y orbitales d y f, que tienen formas más complejas. Los orbitales pueden contener cada uno hasta dos electrones y están colocados en orden, empezando por el más cercano al núcleo.

Orbitales del flúor
Los átomos de flúor tienen nueve protones en el núcleo y nueve electrones. Los primeros cuatro electrones ocupan dos orbitales s, dos electrones en cada uno. Los cinco restantes se reparten entre tres orbitales p.



Número atómico y masa atómica

Los científicos se valen de números y medidas para cuantificar las propiedades de los átomos, como por ejemplo el número atómico y varias mediciones de la masa del átomo.

Cantidad	Definición
Número atómico	Número de protones que hay en un átomo. Un elemento se define por su número atómico, pues todos los átomos de un elemento tienen el mismo número de protones. Por ejemplo, todos los átomos con ocho protones son átomos de oxígeno.
Masa atómica	Masa sumada de los protones, neutrones y electrones de un átomo. El número de neutrones en los átomos de un elemento determinado puede variar, lo que produce los diferentes isótopos de ese elemento (ver p. 34). Cada isótopo tiene diferente masa atómica. La masa atómica se mide en unidades de masa atómica (uma): una uma equivale a una doceava parte de la masa de un átomo de carbono 12, un isótopo común del carbono.
Masa atómica relativa	La masa media de los isótopos de un elemento.
Número másico	El número total de protones y neutrones que hay en un átomo.

¿CUÁL ES LA MASA DE UN ELECTRÓN?

Un electrón pesa muy poco: su masa es de dos milésimas partes de la masa de un protón.

El mundo subatómico

Los átomos están hechos de unidades más pequeñas llamadas partículas subatómicas. Existen dos tipos: las que forman la materia y las portadoras de fuerzas. Ambas se combinan para formar otras partículas y fuerzas, algunas con propiedades exóticas.

Estructura subatómica

Los electrones de un átomo no pueden dividirse, pero los protones y los neutrones sí. Cada uno se compone de tres quarks, partículas subatómicas de una familia denominada fermiones. Los fermiones son partículas de materia. Toda la materia está hecha de quarks (en combinaciones de sus «sabores», o tipos) y leptones (otra clase de fermiones que incluye a los electrones). A cada fermión le corresponde una antipartícula con igual masa pero carga opuesta. Las antipartículas de los electrones son los positrones. La antimateria se compone de combinaciones de antipartículas.

Partículas elementales
Durante mucho tiempo, los científicos creyeron que los protones y los neutrones eran partículas elementales que no podían dividirse, pero ahora sabemos que están hechos de quarks. Sin embargo, según parece, los electrones y los quarks sí son elementales.

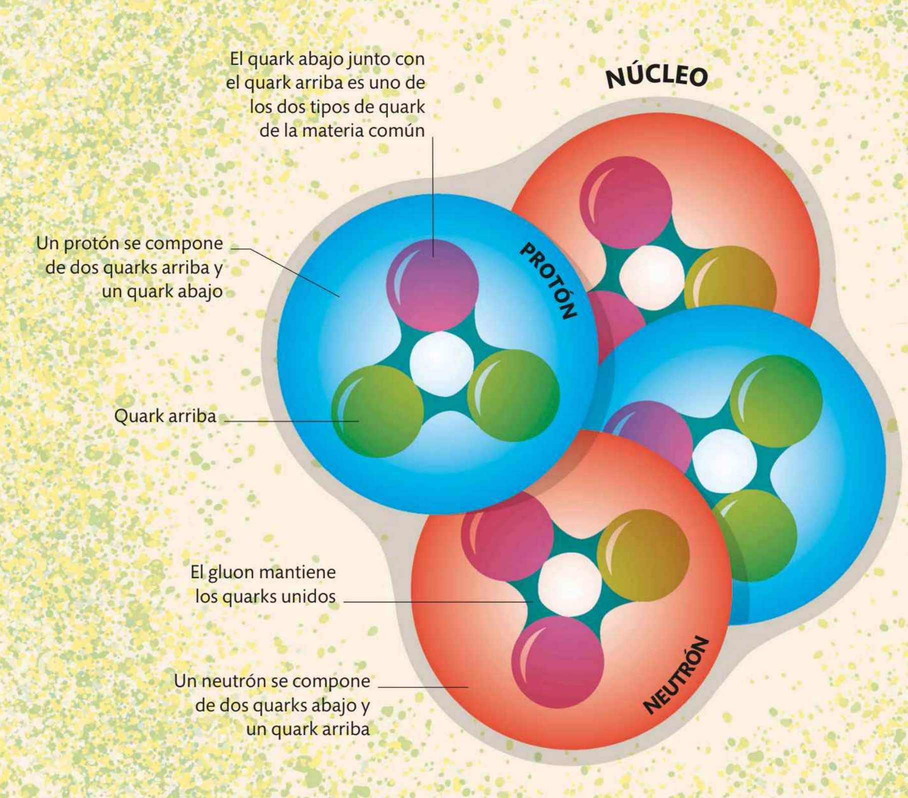

EL TÉRMINO ***QUARK*** **PROVIENE** DE LA NOVELA DE JOYCE ***FINNEGANS WAKE***

¿HAY UNA PARTÍCULA DE LA GRAVEDAD?

Los científicos creen que la fuerza de la gravedad puede estar producida por una partícula que se conoce como gravitón. La existencia de los gravitones aún no se ha confirmado experimentalmente.

Orbital atómico, donde hay una alta probabilidad de encontrar un electrón







PARTÍCULAS SUBATÓMICAS

LOS FERMIONES son partículas de materia. Son los elementos constituyentes de los componentes materiales de los átomos, como protones, neutrones y electrones.

LOS BOSONES son partículas portadoras de fuerzas. Actúan como mensajeros, transmitiendo fuerzas entre otras partículas.

LOS FERMIONES ELEMENTALES son partículas de materia que no están compuestas por otras partículas.

Quarks
- Arriba
- Abajo
- Encantado
- Extraño
- Cima
- Fondo

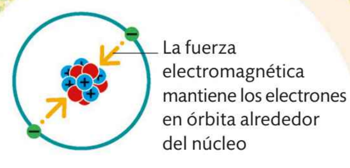
Leptones
- Electrón
- Neutrino electrónico
- Muon
- Neutrino muónico
- Tau
- Neutrino tauónico

LOS HADRONES son partículas compuestas de varios quarks.

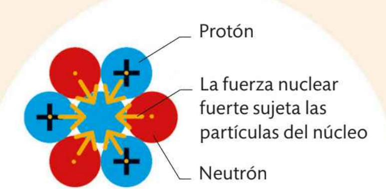
Los bariones son fermiones compuestos de tres quarks.
- **Protón** Dos quarks arriba + un quark abajo + tres gluones
- **Neutrón** Dos quarks abajo + un quark arriba + tres gluones
- **Partícula lambda** Un quark abajo + un quark arriba + un quark extraño + tres gluones
- **Muchas otras**

Los mesones son bosones compuestos de un quark y un antiquark.
- **Pion positivo** Un quark arriba + un antiquark abajo
- **Kaón negativo** Un quark extraño + un antiquark arriba
- **Muchas otras**

LOS BOSONES ELEMENTALES son partículas portadoras de fuerzas que no están hechas de otras partículas.
- Fotón
- Gluon
- Bosón W-
- Bosón W+
- Bosón Z
- Bosón de Higgs



Fuerza electromagnética
Las interacciones entre partículas con carga las llevan a cabo los fotones, partículas sin masa que se mueven a la velocidad de la luz.



Fuerza nuclear fuerte
La fuerza nuclear fuerte mantiene juntos los quarks, oponiéndose a la repulsión electromagnética del interior de protones y neutrones. Actúa en distancias cortas y la portan los gluones.

Fuerzas fundamentales

En lugar de simples empujones y tirones, las fuerzas en el mundo subatómico las provocan las partículas. Imagina a dos patinadores tirándose una pelota en una pista de hielo; la pelota transmite energía del primer patinador y ejerce una fuerza sobre el segundo, por lo que este se mueve cuando agarra la pelota.

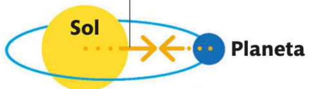
Electrón

La fuerza nuclear débil causa la desintegración radiactiva

Núcleo

Fuerza nuclear débil
Durante la desintegración nuclear, las partículas son expulsadas del núcleo cuando los quarks cambian de tipo. Esto es causado por los bosones W y Z, que portan la fuerza nuclear débil.

La fuerza de la gravedad mantiene los planetas en órbita alrededor del Sol



Gravedad
La gravedad es una fuerza de atracción que actúa en una distancia infinita, por lo que su partícula, que aún no se ha descubierto, debe de viajar a la velocidad de la luz.

Ondas y partículas

Las ondas y las partículas parecen muy diferentes: la luz es una onda y los átomos son partículas. Sin embargo, a veces las ondas, como por ejemplo la luz, se comportan como partículas y las partículas, como los electrones, se comportan como ondas. A esto se lo llama dualidad onda-partícula.

¿ACTÚAN TODAS LAS PARTÍCULAS COMO ONDAS?

Según parece, no solo las partículas pequeñas, como los electrones, se comportan como ondas. Algunas moléculas grandes con más de 800 átomos se comportan como ondas en los experimentos de doble ranura, aunque no se sabe si todas las moléculas de gran tamaño se comportan así.

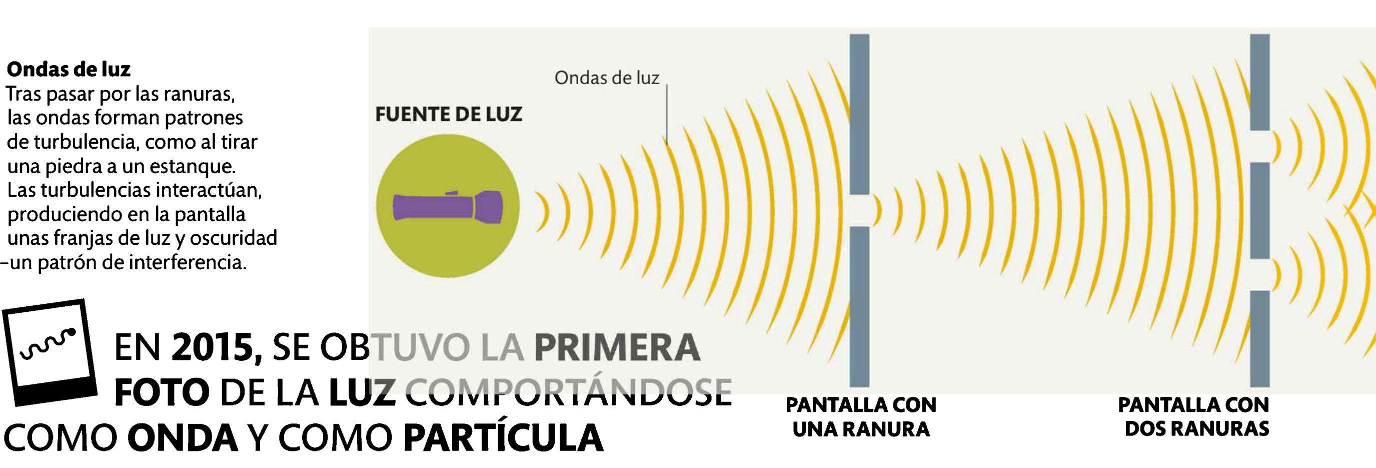
La luz como ondas

El experimento de la doble ranura es un modo simple de mostrar que la luz puede actuar como una onda. Se proyecta luz a través de dos pantallas, la primera de las cuales tiene una ranura para dejar pasar un estrecho rayo de luz y la segunda dos ranuras para dividir ese rayo en dos. La luz, tras ser dividida, se proyecta sobre la pantalla de visualización, en la que produce una serie de franjas alternas de luz y oscuridad. Si la luz se comportase como partículas, el resultado sería muy diferente.

Partículas de luz
Si la luz se comportase como partículas (como granos de arena), algunas partículas pasarían por una ranura y otras pasarían por la otra, produciendo solo dos claras franjas de luz en la pantalla de proyección. No obstante, lo que ocurre cuando la luz atraviesa las dos ranuras es diferente (ver abajo).

FUENTE DE LUZ
Partículas de luz
PANTALLA CON DOS RANURAS
Imagen en la pantalla de proyección
Franja de luz bien definida
PANTALLA DE PROYECCIÓN

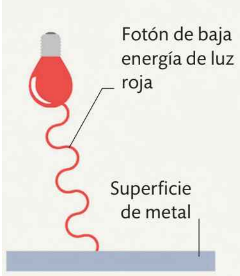
Ondas de luz
Tras pasar por las ranuras, las ondas forman patrones de turbulencia, como al tirar una piedra a un estanque. Las turbulencias interactúan, produciendo en la pantalla unas franjas de luz y oscuridad –un patrón de interferencia.



EN **2015,** SE OBTUVO LA **PRIMERA FOTO** DE LA **LUZ** COMPORTÁNDOSE COMO **ONDA** Y COMO **PARTÍCULA**

La luz como partículas

Los metales, al ser iluminados, emiten electrones, pero solo si la luz posee la adecuada longitud de onda (o color). Este efecto –llamado efecto fotoeléctrico– ocurre porque la luz se comporta como partículas. Los fotones (partículas) de la luz roja, que posee una amplia longitud de onda, tienen menos energía que los fotones de menor longitud de onda (como la del verde o de la luz ultravioleta) y no permiten que escapen los electrones.

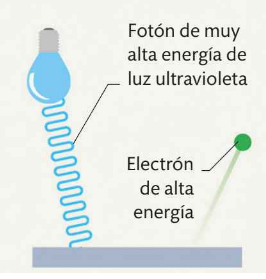


Luz roja
Los fotones de luz roja tienen muy poca energía y no logran que la mayoría de los metales emitan electrones, por muy brillante que sea la luz.

Fotón de alta energía de luz verde

Electrón de baja energía

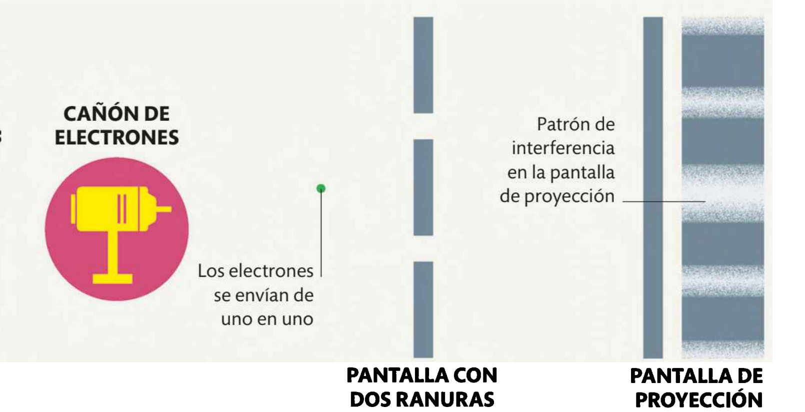
Luz verde
Los fotones de luz verde tienen más energía que los de luz roja, y logran que escapen electrones de la superficie del metal.



Luz ultravioleta
Los fotones ultravioleta tienen mucha energía y estimulan la liberación de electrones de alta energía de la superficie del metal.

Dualidad onda-partícula

Cuando se hace el experimento de la doble ranura con partículas, como electrones o átomos, se producen patrones de interferencias en forma de franjas de luz y oscuridad, igual que con las ondas. Esto significa que las partículas se están comportando como ondas: eso es la dualidad onda-partícula. Si se disparan electrones uno a uno, se produce el mismo patrón de interferencia, pues la naturaleza ondulante de las partículas hace que interfieran con sí mismas.



PANTALLA DE PROYECCIÓN

Interferencia
Cuando dos ondas están en fase, es decir cuando crestas coinciden con crestas y valles con valles, se suman. Cuando están fuera de fase, es decir cuando una cresta se encuentra con un valle, se cancelan una a otra.

Franja brillante allí donde las ondas de luz se refuerzan unas a otras (interferencia constructiva)

Imagen en la pantalla de proyección

Franja oscura allí donde las ondas de luz se cancelan unas a otras (interferencia destructiva)

El mundo cuántico

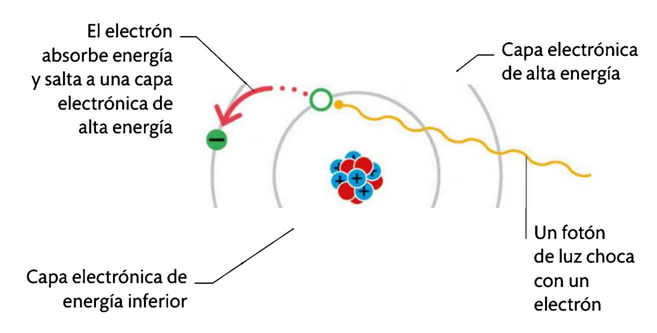
A nivel subatómico, las cosas no se comportan como en la vida diaria. Las partículas se comportan a la vez como ondas y como partículas, los cambios de energía ocurren a saltos –llamados saltos cuánticos– y las partículas permanecen en un estado intermedio hasta que son observadas.

Paquetes de energía

Un cuanto es la cantidad más pequeña de cualquier propiedad física, energía o materia. Por ejemplo, la mínima cantidad de radiación electromagnética, como la luz, es un fotón. Los cuantos son indivisibles y solo existen como múltiplos enteros de un solo cuanto.

Salto cuántico

Los electrones de un átomo solo pueden saltar directamente de un nivel de energía, o capa electrónica, a otro: un «salto cuántico». No pueden ocupar un nivel intermedio de energía. Al moverse entre niveles, los electrones absorben o emiten energía.

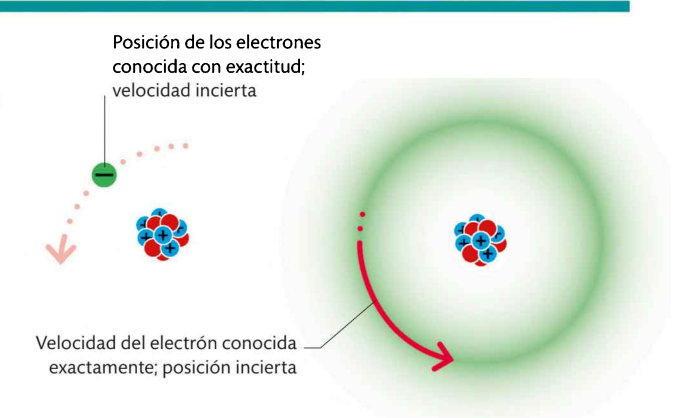


El principio de incertidumbre

En el mundo cuántico, es imposible saber al mismo tiempo la posición exacta y la velocidad exacta de una partícula subatómica como un electrón o un fotón. Este efecto, conocido como principio de incertidumbre, ocurre porque medir una partícula la perturba, lo cual hace que las otras mediciones sean inexactas.

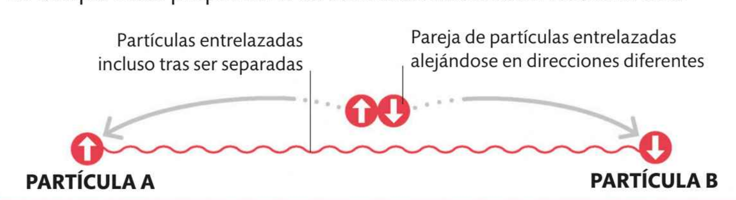
¿Posición o velocidad?

La posición y la velocidad de un electrón no pueden conocerse de forma exacta. Cuanto más exactamente se conoce su posición, más incierta es su velocidad, y viceversa.



ENTRELAZAMIENTO CUÁNTICO

El entrelazamiento cuántico es un extraño fenómeno en el que una pareja de partículas subatómicas (por ejemplo, electrones), quedan entrelazadas y conectadas incluso cuando se encuentran a enorme distancia (por ejemplo, en galaxias diferentes). A consecuencia de esto, manipular una partícula altera instantáneamente a su pareja. De manera similar, medir las propiedades de una partícula proporciona de inmediato información sobre la otra.



¿ES POSIBLE LA TELETRANSPORTACIÓN?

Con el entrelazamiento cuántico, los investigadores han conseguido teletransportar información a una distancia de unos 1200 km. Sin embargo, la teletransportación de los objetos físicos sigue siendo ciencia ficción.

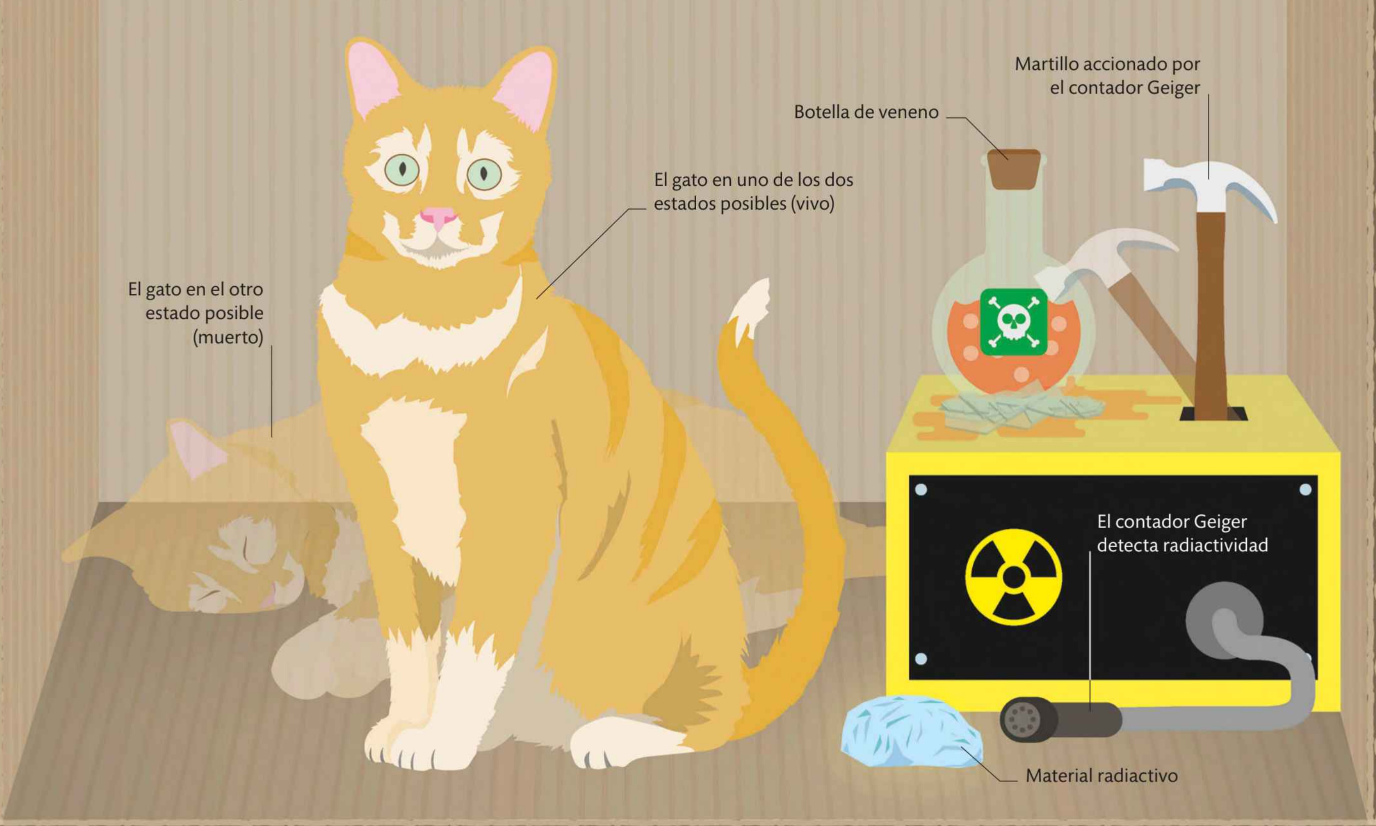
El limbo cuántico

En el mundo cuántico, las partículas existen en una especie de limbo hasta que son observadas. Por ejemplo, un átomo radiactivo puede estar en un estado indeterminado en el que se ha desintegrado y ha liberado radiación y, al mismo tiempo, no se ha desintegrado. Este estado intermedio se conoce como superposición. Solo cuando una partícula se observa o se mide, esta «decide» qué opción adoptar o, en términos más técnicos: su superposición se derrumba. La superposición implica que los eventos subatómicos nunca se deciden hasta que son observados, idea que llevó al físico Erwin Schrödinger a inventar su famoso experimento imaginario conocido como el gato de Schrödinger.

El gato de Schrödinger

En una caja hay un gato encerrado con una botella de veneno y con material radiactivo. Si el material radiactivo se desintegra y emite radiación, un contador Geiger detecta la radiación, lo cual pone en movimiento un martillo que rompe la botella de veneno, matando así al gato. Sin embargo, la desintegración radiactiva es aleatoria, por lo que es imposible determinar si el gato está vivo o muerto sin mirar dentro de la caja: en realidad, el gato está a la vez vivo y muerto hasta que se abre la caja.

HAY UN **CRÁTER** EN LA **LUNA** BAUTIZADO EN HONOR DE ERWIN **SCHRÖDINGER**

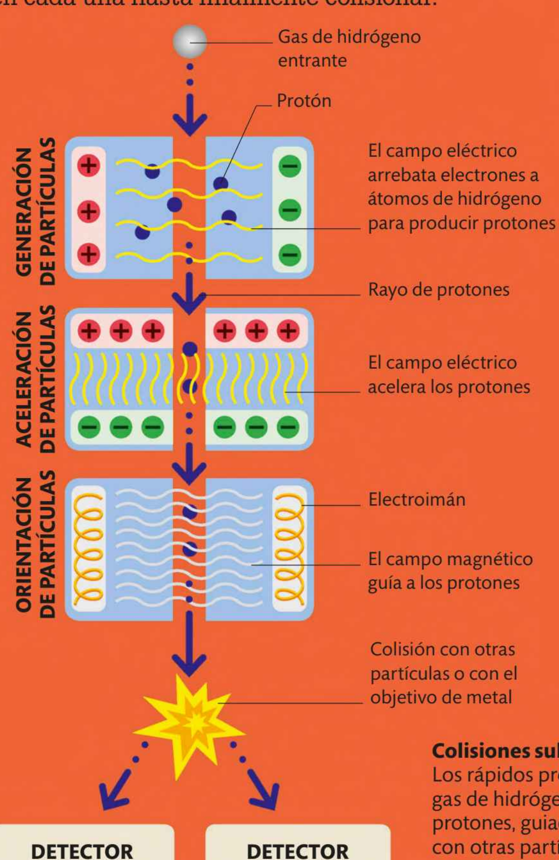


Aceleradores de partículas

Los aceleradores de partículas son dispositivos que lanzan partículas subatómicas a una velocidad cercana a la de la luz para investigar cuestiones sobre la materia, la energía y el universo.

Cómo funcionan los aceleradores

Los aceleradores de partículas usan campos eléctricos de alto voltaje y potentes campos magnéticos para generar un rayo de partículas subatómicas de alta energía, como protones o electrones, que se hacen chocar unas con otras o se disparan a un objetivo metálico. Muchos aceleradores de partículas son circulares, para que así las partículas puedan dar muchas vueltas, incrementando su energía en cada una hasta finalmente colisionar.



Colisiones subatómicas
Los rápidos protones se generan haciendo pasar gas de hidrógeno a través de campos eléctricos. Los protones, guiados por campos magnéticos, colisionan con otras partículas subatómicas o átomos en una pieza de metal. Los detectores capturan la radiación de las partículas resultante de la colisión.

Estudiar el mundo subatómico

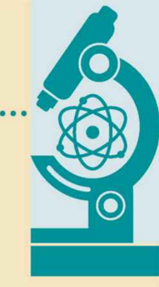
Los aceleradores de partículas se utilizan sobre todo para estudiar la materia y la energía a nivel subatómico y para investigar la materia oscura (ver p. 206) y las condiciones inmediatamente posteriores al Big Bang (ver p. 202). Además de descubrir el bosón de Higgs, han servido para descubrir otras exóticas partículas subatómicas, como los pentaquarks, unas partículas compuestas de cuatro quarks y un antiquark que quizá existen en las supernovas.

CMS

El CMS –siglas en inglés de solenoide compacto de muones– es un detector de partículas que se ocupa de buscar aquellas partículas que componen la materia oscura. Junto con el ATLAS, el CMS también ayudó a descubrir el bosón de Higgs

Rayo de partículas que se mueven en una dirección

Rayo de partículas que se mueven en la dirección opuesta



LAS PARTÍCULAS RECORREN EL ANILLO DE 27 KM DEL LHC MÁS DE 11 000 VECES POR SEGUNDO

El LHCb –siglas en inglés de belleza del Gran Colisionador de Hadrones– es un detector que estudia partículas y fuerzas fundamentales, como los quarks

Vacío dentro del túnel del colisionador

Chorro de protones entrando en el colisionador

Gran Colisionador de Hadrones
El Gran Colisionador de Hadrones es el acelerador de partículas más grande jamás construido. Produce rayos de protones, los acelera hasta casi la velocidad de la luz y después hace que los protones choquen unos con otros para estudiar las partículas que genera la colisión. El LHC (por sus siglas en inglés) realiza muchos experimentos, pero su logro más famoso es el descubrimiento del bosón de Higgs.

El ATLAS –siglas en inglés de aparato toroidal LHC– es el detector de partículas de alta energía que, junto con el CMS, ayudó a descubrir el bosón de Higgs

El SPS –siglas en inglés de Super Sincrotrón de Protones– genera y acelera protones que introduce en el Gran Colisionador de Hadrones

Corrientes de protones entrando en el colisionador

Colisión de partículas

El ALICE –siglas en inglés de Gran Experimento del Colisionador de Iones– es el detector que estudia el estado de la materia que quizá existió inmediatamente después del Big Bang

EL BOSÓN DE HIGGS

El bosón de Higgs es un aspecto del llamado campo de Higgs que crea masa al interactuar con partículas como fotones y electrones. El bosón de Higgs puede imaginarse como un copo de nieve en un campo nevado. El campo nevado –campo de Higgs– interactúa de forma distinta con distintos objetos: si el objeto interactúa fuertemente con el campo (si se hunde en la nieve), es que tiene una gran masa; si interactúa débilmente (si permanece en la superficie de la nieve), es que tiene una masa pequeña; y si no interactúa con el campo, es que no tiene masa.

Las partículas que interactúan de forma significativa con el campo de Higgs tienen una gran masa

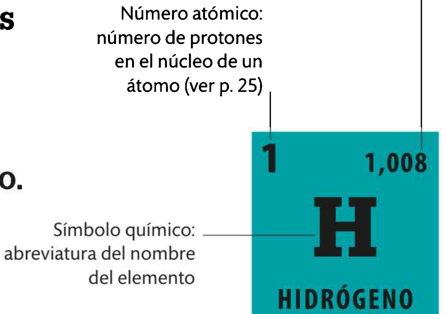
Las partículas que no interactúan con el campo de Higgs (como los fotones) no tienen masa

El campo de Higgs se compone de bosones de Higgs, como un campo nevado se compone de copos de nieve

Las partículas que interactúan de manera leve con el campo de Higgs tienen una masa pequeña

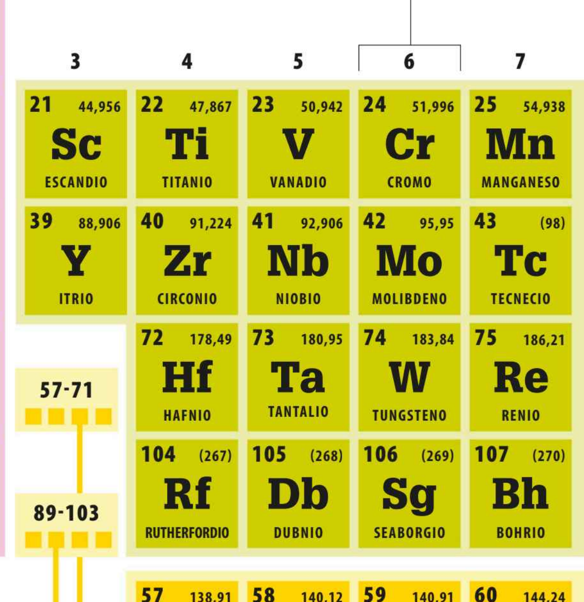
Los elementos

Los elementos contienen solo un tipo de átomo, por lo que no pueden descomponerse químicamente en partes más pequeñas. Los átomos se diferencian unos de otros en el número de protones, neutrones y electrones que contienen, pero son los protones los que los definen. La tabla periódica organiza los elementos según el número de protones que tiene el núcleo de cada átomo.



La tabla periódica

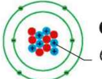
En la tabla periódica, los elementos están organizados por su número atómico: su número de protones. En cada fila, el número atómico se incrementa de izquierda a derecha. La posición de un elemento en la tabla también añade información: por ejemplo, los elementos de la misma columna poseen reacciones parecidas.



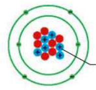
Organización de los elementos
Al leerlos de izquierda a derecha y hacia abajo, los elementos van aumentando de número atómico. Los metales están en la parte izquierda de la tabla y los no metales, en la derecha.

ISÓTOPOS

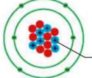
Los isótopos de un elemento tienen el mismo número de protones y distinto número de neutrones, por lo que su masa atómica es distinta. Así, hay isótopos de carbono con 6, 7 u 8 neutrones. Los isótopos reaccionan químicamente de la misma manera pero se comportan de forma diferente en otros aspectos. Por ejemplo, algunos son radiactivos.



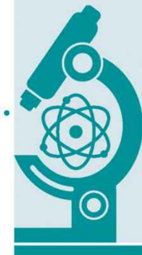
CARBONO-12
6 neutrones + 6 protones = 12



CARBONO-13
7 neutrones + 6 protones = 13



CARBONO-14
8 neutrones + 6 protones = 14



CLAVE



Hidrógeno: gas reactivo

METALES REACTIVOS

Metales alcalinos: metales blandos y muy reactivos

Metales alcalinotérreos: metales moderadamente reactivos

ELEMENTOS DE TRANSICIÓN

Metales de transición: variado grupo de metales, muchos con valiosas propiedades

PRINCIPALMENTE NO METALES



Metaloides: elementos con propiedades a medio camino entre los metales y los no metales

Otros metales: la mayoría metales blandos con puntos de fusión bajos

Carbono y otros no metales

Halógenos: no metales muy reactivos

Gases nobles: incoloros, muy poco reactivos

TIERRAS RARAS



También llamados lantánidos y actínidos, son metales reactivos, algunos muy raros o sintéticos

Períodos, grupos y bloques

Todos los elementos de una fila, o período, tienen el mismo número de orbitales de electrones (ver p. 25). Las columnas de la tabla periódica, llamadas grupos, contienen elementos con el mismo número de electrones en sus capas electrónicas exteriores y que, por tanto, reaccionan de formas similares. Cuatro «bloques» principales (ver izquierda) agrupan elementos con propiedades parecidas, como los elementos de transición, que suelen ser metales duros y brillantes. El hidrógeno tiene un conjunto de propiedades único y por eso está en un grupo aparte.

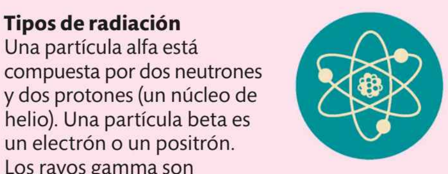
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
										2 He 4,0026 HELIO
					5 B 10,81 BORO	6 C 12,011 CARBONO	7 N 14,007 NITRÓGENO	8 O 15,999 OXÍGENO	9 F 18,998 FLÚOR	10 Ne 20,180 NEÓN
					13 Al 26,982 ALUMINIO	14 Si 28,085 SILICIO	15 P 30,974 FÓSFORO	16 S 32,06 AZUFRE	17 Cl 35,45 CLORO	18 Ar 39,948 ARGÓN
26 Fe 55,845 HIERRO	27 Co 58,933 COBALTO	28 Ni 58,693 NÍQUEL	29 Cu 63,546 COBRE	30 Zn 65,38 CINC	31 Ga 69,723 GALIO	32 Ge 72,63 GERMANIO	33 As 74,922 ARSÉNICO	34 Se 78,97 SELENIO	35 Br 79,904 BROMO	36 Kr 83,80 KRIPTÓN
44 Ru 101,07 RUTENIO	45 Rh 102,91 RODIO	46 Pd 106,42 PALADIO	47 Ag 107,87 PLATA	48 Cd 112,41 CADMIO	49 In 114,82 INDIO	50 Sn 118,71 ESTAÑO	51 Sb 121,76 ANTIMONIO	52 Te 127,60 TELURIO	53 I 126,90 YODO	54 Xe 131,29 XENÓN
76 Os 190,23 OSMIO	77 Ir 192,22 IRIDIO	78 Pt 195,08 PLATINO	79 Au 196,97 ORO	80 Hg 200,59 MERCURIO	81 Tl 204,38 TALIO	82 Pb 207,2 PLOMO	83 Bi 208,98 BISMUTO	84 Po (209) POLONIO	85 At (210) ASTATO	86 Rn (222) RADÓN
108 Hs (277) HASSIO	109 Mt (278) MEITNERIO	110 Ds (281) DARMSTATIO	111 Rg (282) ROENTGENIO	112 Cn (285) COPERNICIO	113 Nh (286) NIHONIO	114 Fl (289) FLEROVIO	115 Mc (289) MOSCOVIO	116 Lv (293) LIVERMORIO	117 Ts (294) TENESO	118 Og (294) OGANESÓN

61 Pm (145) PROMETIO	62 Sm 150,36 SAMARIO	63 Eu 151,96 EUROPIO	64 Gd 157,25 GADOLINIO	65 Tb 158,93 TERBIO	66 Dy 162,50 DISPROSIO	67 Ho 164,93 HOLMIO	68 Er 167,26 ERBIO	69 Tm 168,93 TULIO	70 Yb 173,05 ITERBIO	71 Lu 174,97 LUTECIO
93 Np (237) NEPTUNIO	94 Pu (244) PLUTONIO	95 Am (243) AMERICIO	96 Cm (247) CURIO	97 Bk (247) BERKELIO	98 Cf (251) CALIFORNIO	99 Es (252) EINSTENIO	100 Fm (257) FERMIO	101 Md (258) MENDELEVIO	102 No (259) NOBELIO	103 Lr (262) LAWRENCIO

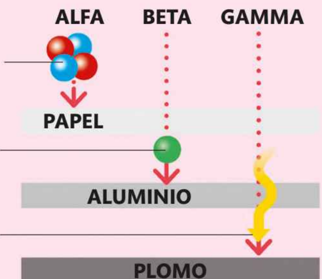
Radiactividad

Los materiales radiactivos tienen núcleos inestables que liberan energía, o radiación. La radiactividad es peligrosa si no se maneja de forma adecuada. Sin embargo, reduce nuestra dependencia de los contaminantes combustibles fósiles.

Tipos de radiación
Una partícula alfa está compuesta por dos neutrones y dos protones (un núcleo de helio). Una partícula beta es un electrón o un positrón. Los rayos gamma son ondas electromagnéticas de gran intensidad.



ÁTOMO RADIACTIVO



¿Qué es la radiación?

La radiación consiste en corrientes de ondas o partículas energéticas que pueden arrebatar electrones de otros átomos. En grandes cantidades, la radiación puede dañar el ADN de las células. Además, puede crear en el cuerpo radicales libres, muy reactivos, lo cual también daña las células.

Energía nuclear

Cuando los átomos se dividen o fusionan, se libera energía nuclear, que aparece en forma de calor, y puede usarse para hervir agua y propulsar así una turbina, como en los generadores eléctricos propulsados por combustibles fósiles (ver p. 84).

Reacciones de fisión
En las reacciones de fisión, los núcleos atómicos se dividen para liberar energía. En una central nuclear, este proceso está cuidadosamente controlado para evitar una reacción en cadena.

Gran cantidad de energía calorífica emitida cuando el núcleo se divide

Un núcleo de uranio inestable se divide en dos partes

Neutrón

Núcleo de átomo de uranio

Otros núcleos de uranio son impactados por neutrones, comenzando más reacciones de fisión

Neutrón de alta energía de un material nuclear

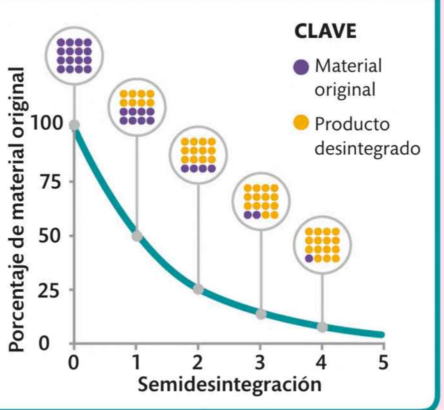
1 Un neutrón impacta un núcleo
El material radiactivo (normalmente uranio) es bombardeado con neutrones, algunos de los cuales impactan el núcleo de un átomo y lo desestabilizan.

2 El núcleo se divide
El núcleo inestable se parte en dos. Esta fisión libera una gran cantidad de energía, así como otros neutrones.

3 Reacción en cadena
Los neutrones adicionales liberados alcanzan otros átomos, que a su vez se dividen y liberan más neutrones aún, iniciando una reacción en cadena.

SEMIDESINTEGRACIÓN Y DESINTEGRACIÓN

El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva es lo que tarda en desintegrarse la mitad del material original. Hay sustancias que se desintegran muy deprisa, pero otras tardan millones de años. El período de semidesintegración del uranio-235, de los reactores de fisión, es de unos 704 millones de años, lo que hace que sea problemático deshacerse de los residuos nucleares.



¿ES SEGURA LA FUSIÓN NUCLEAR?

En un reactor de fusión no hay peligro de que ocurra una fusión de núcleo (al contrario que en un reactor de fisión), pues un fallo solo enfriaría el plasma y detendría la reacción.

Neutrón extra liberado

Los núcleos colisionan a alta velocidad

Un núcleo de deuterio es un núcleo de hidrógeno con un electrón extra

Energía emitida cuando los núcleos se fusionan

Núcleo de helio formado en una reacción de fusión

HELIO

Reacciones de fusión
En las reacciones de fusión, se unen núcleos atómicos para formar un solo gran núcleo. Este proceso libera una gran cantidad de energía y así es como el Sol y otras estrellas producen luz y calor (ver p. 193).

Un núcleo de tritio es un núcleo de hidrógeno con dos electrones extra

1 Núcleos calentados
Los núcleos de tritio y deuterio se calientan hasta convertirlos en plasma y dotarlos así de energía suficiente para vencer su repulsión natural.

2 Los núcleos se fusionan
Dos núcleos altamente energéticos de deuterio y de tritio colisionan. La colisión hace que ambos se fusionen.

3 Energía emitida
La unión de los dos núcleos produce un núcleo de helio y emite una gran cantidad de energía. También se libera un neutrón extra.

Mezclas y compuestos

Cuando se mezclan sustancias diferentes, pueden pasar dos cosas: o reaccionan para formar una nueva sustancia –un compuesto– o bien siguen siendo sustancias individuales pero mezcladas.

Mezclas

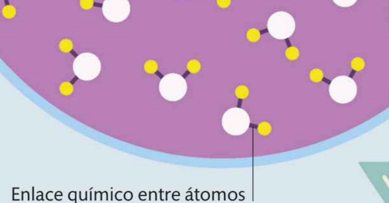
Muchas sustancias, al mezclarse, no reaccionan sino que permanecen iguales químicamente, como por ejemplo en una mezcla de sal y arena. Las sustancias pueden ser átomos individuales, moléculas de un elemento o moléculas con más de un elemento (compuestos).

Partícula de una sustancia

Partícula de una sustancia diferente

Compuestos

Los compuestos contienen átomos de dos o más elementos enlazados químicamente. Las propiedades de un elemento pueden ser muy diferentes a las de sus elementos constitutivos. Por ejemplo, el hidrógeno y el oxígeno son ambos gases, pero combinados forman agua líquida.



Papel de filtro

Partículas atrapadas por un filtro de papel

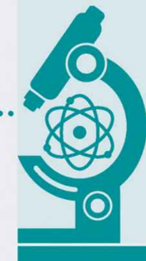
Líquido que se filtra (filtrado)

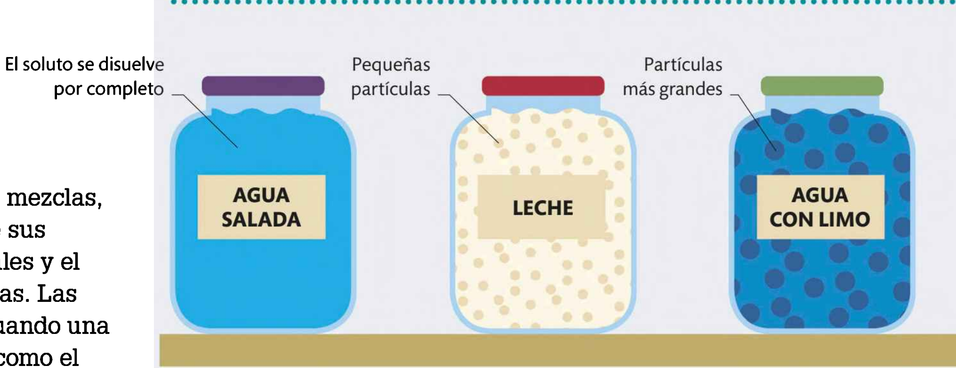
Separar mezclas

Las mezclas pueden separarse con métodos físicos porque sus componentes no están enlazados químicamente. El método adecuado de separación depende del tipo de mezcla en cuestión. Por ejemplo, las mezclas en las que solo se disuelve uno de los componentes pueden separarse mediante filtración. Otros tipos de mezclas requieren métodos más complejos, como cromatografía, destilación o centrifugado.

Filtración

Los filtros solo permiten el paso de partículas muy pequeñas o solubles y atrapan las más grandes o insolubles. Por ejemplo, una solución de sal pasa por el filtro, pero este atrapa la arena que haya en la mezcla.





Tipos de mezcla

Hay diferentes tipos de mezclas, según la solubilidad de sus componentes individuales y el tamaño de sus partículas. Las soluciones se forman cuando una sustancia se disuelve, como el azúcar en el agua (ver pp. 62-63). En los coloides y las suspensiones, las partículas de los componentes no se disuelven, sino que se dispersan unas en otras.

Soluciones verdaderas
En las soluciones verdaderas, como la sal disuelta en agua, todos los componentes están en el mismo estado de la materia (líquido en este caso).

Coloides
Un coloide tiene partículas diminutas distribuidas de forma regular en la mezcla. Son invisibles a simple vista y no se precipitan.

Suspensiones
Las suspensiones contienen partículas dispersas del tamaño de motas de polvo. Son visibles a simple vista y pueden precipitarse.

Papel de filtro
Los pigmentos individuales avanzan hasta diferentes alturas por el papel de filtro
Mancha de tinta (mezcla de pigmentos)
Disolvente
Termómetro
Un líquido hierve y se convierte en vapor
Mezcla de líquidos
AGUA FRÍA SALIENTE
AGUA FRÍA ENTRANTE
El vapor enfriado se hace líquido al condensarse
Líquido puro
Capa de partículas más densas
Capa de partículas menos densas
Giro del centrifugado
Motor

Cromatografía
A veces, los componentes de una mezcla pueden separarse mediante cromatografía. Los componentes individuales son llevados a diferentes alturas por el disolvente a medida que este avanza por el papel de filtro.

Destilación
Las mezclas de líquidos con diferentes puntos de ebullición pueden separarse por destilación. Al calentarse, los componentes hierven uno por uno. Al cesar la ebullición, cada componente se condensa de nuevo en forma de líquido.

Centrifugado
Una mezcla de partículas con diferentes densidades o de partículas suspendidas en un líquido puede dividirse centrifugándola. Las partículas más densas o suspendidas forman las capas más bajas.

Moléculas e iones

Una molécula se compone de dos o más átomos enlazados. Los átomos pueden ser del mismo elemento o de elementos diferentes. Los une la atracción entre sus partículas con carga, atracción creada por los electrones transferidos o compartidos.

Capas electrónicas

Los electrones orbitan los núcleos en diferentes niveles de energía llamados capas electrónicas. Cada capa puede albergar un número máximo de electrones: la primera, dos; la segunda y la tercera, ocho. Los átomos buscan el orden más estable energéticamente, lo que conlleva tener capas exteriores llenas.

El núcleo contiene 12 protones, que equilibran la carga de los electrones y hacen que el átomo sea neutro

La primera capa contiene dos electrones

La segunda capa contiene ocho electrones

La tercera capa tiene dos electrones

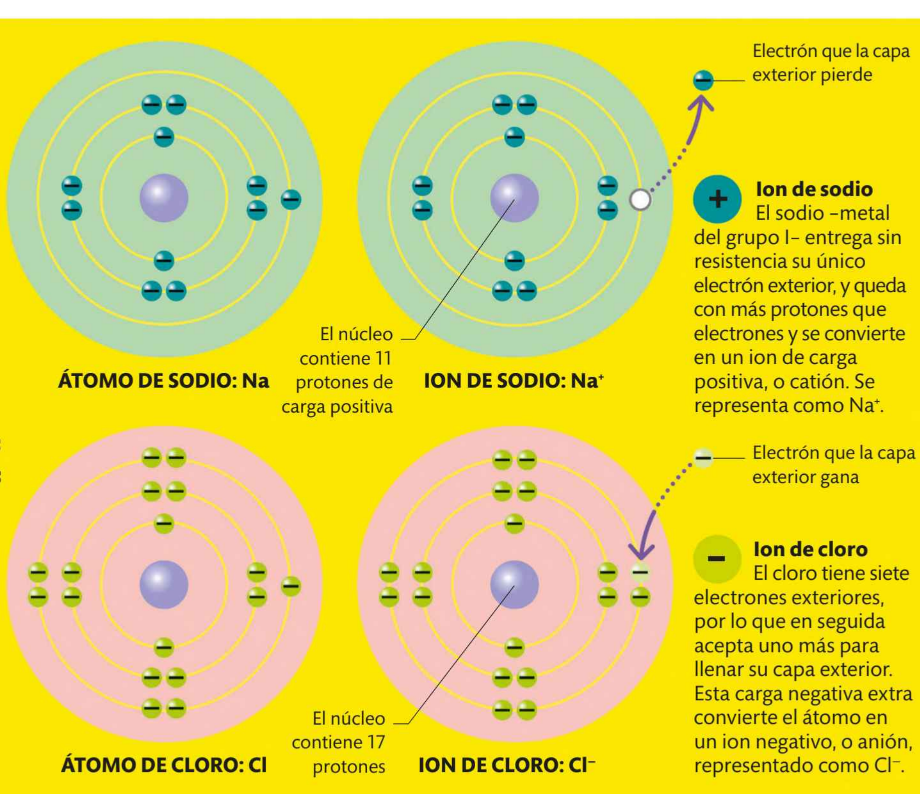
Aunque las capas se representan como círculos, sus formas reales son más complejas

Capas electrónicas del magnesio
Un átomo de magnesio tiene 12 electrones y solo dos de ellos están en su capa exterior. Esos dos electrones solitarios hacen que el magnesio sea reactivo: los entrega rápidamente para hacerse más estable.

ÁTOMO DE MAGNESIO: Mg

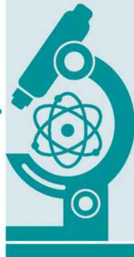
¿Qué es un ion?

Un átomo es eléctricamente neutro, pues la carga positiva de los protones del núcleo queda equilibrada por la carga negativa de los electrones. A menudo, los átomos adquieren una carga eléctrica en su esfuerzo por lograr una ordenación estable de electrones. Un átomo (o una molécula) con carga recibe el nombre de ion. Algunos átomos se ionizan obteniendo electrones para llenar huecos en su capa externa. Otros –por ejemplo los metales del grupo I (alcalinos), como el sodio (ver p. 34)– ceden sus escasos electrones externos. Ambas opciones dotan al átomo de carga, pues ya no tiene el mismo número de electrones y de protones.



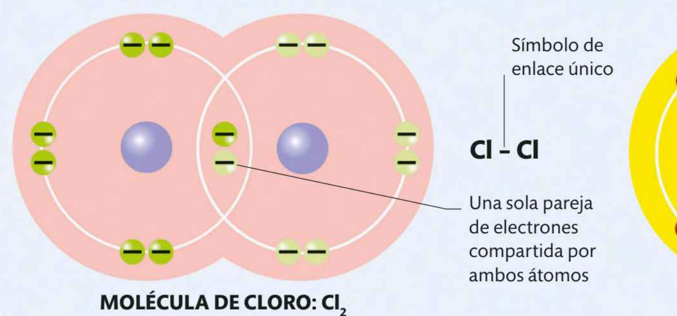
Ion de sodio
El sodio –metal del grupo I– entrega sin resistencia su único electrón exterior, y queda con más protones que electrones y se convierte en un ion de carga positiva, o catión. Se representa como Na^+.

Ion de cloro
El cloro tiene siete electrones exteriores, por lo que en seguida acepta uno más para llenar su capa exterior. Esta carga negativa extra convierte el átomo en un ion negativo, o anión, representado como Cl^-.



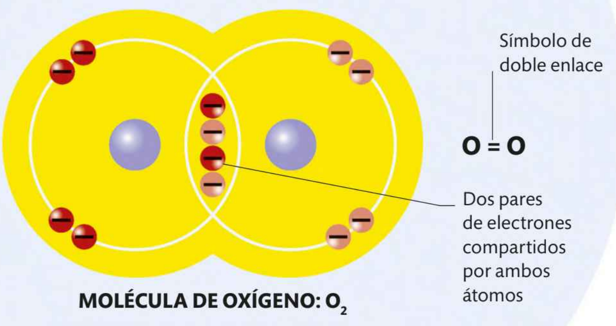
Compartir electrones

Para algunas parejas de átomos, el modo más fácil de estabilizar sus electrones es compartirlos. Al hacerlo, quedan unidos por fuerzas llamadas enlaces covalentes. Estos enlaces son comunes entre dos átomos del mismo elemento o entre dos elementos cercanos en la tabla periódica.



MOLÉCULA DE CLORO: Cl_2

Enlace único
El cloro tiene siete electrones externos, por lo que las parejas de átomos comparten un electrón para así lograr capas electrónicas externas llenas. Estos enlaces únicos forman moléculas de Cl_2.

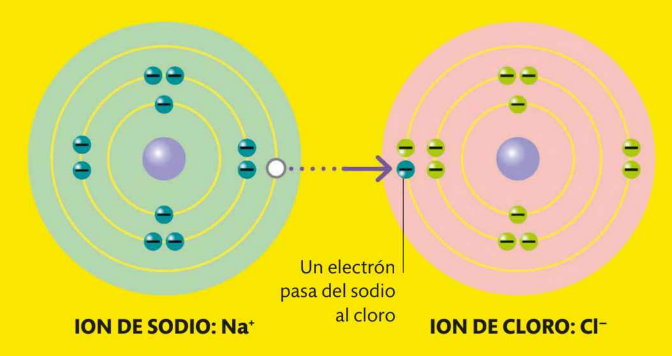


MOLÉCULA DE OXÍGENO: O_2

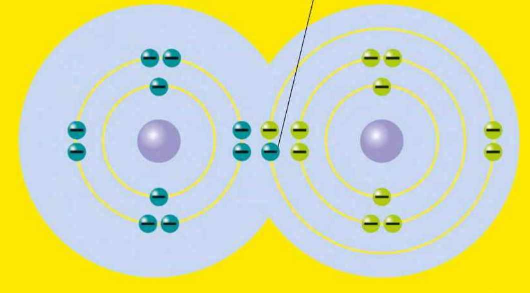
Enlace doble
El oxígeno tiene solo seis electrones exteriores, por lo que para ser estable debe compartir dos parejas. Esto se conoce como doble enlace.

Transferencia de electrones

Cuando un átomo con uno o con escasos electrones externos se encuentra con un átomo con huecos en su capa exterior, le dona su electrón o electrones externos, formando así un ion positivo y uno negativo. Como las cargas diferentes se atraen, estos dos iones quedan ligados electrostáticamente y forman un compuesto iónico.



ION DE SODIO: Na^+ **ION DE CLORO: Cl^-**



COMPUESTO DE CLORURO DE SODIO: NaCl

1 Transferencia de electrones
Los electrones exteriores del sodio se transfieren al cloro para obtener capas externas completas en ambos átomos, los cuales se ionizan como un catión de sodio y un anión de cloro. En otras parejas, pueden moverse dos, tres o más electrones.

2 Enlace iónico formado
El catión y el anión se atraen uno al otro y forman un compuesto llamado cloruro de sodio (sal). Las cargas están equilibradas, y el compuesto es neutro. Los compuestos iónicos tienden a seguir enlazándose y a formar redes gigantes, a menudo en forma de cristales (ver p. 60).

Reacciones

Las reacciones químicas son procesos que cambian las sustancias rompiendo sus enlaces químicos y creando otros nuevos. Muchas reacciones tienen lugar dentro de nuestro cuerpo y son vitales para nuestra supervivencia.

CÓMO HACER SAL COMÚN

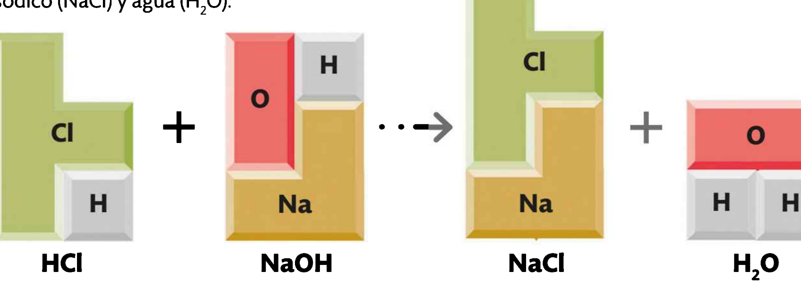
La sal común puede crearse mezclando sodio y cloro. Esto causa una reacción química que forma un compuesto de cloruro de sodio (conocido como sal común).

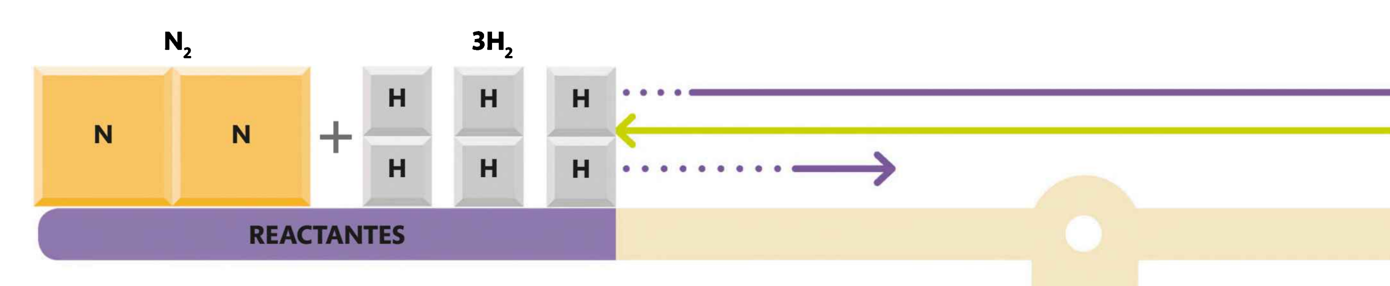
¿Qué es una reacción?

Al reaccionar, los átomos de las sustancias químicas se reorganizan. Son como piezas de Lego: encajan unos con otros de distintas formas, pero el número y el tipo de piezas son siempre los mismos. La forma exacta en que se reorganizan los átomos depende de con qué reaccionen. Las sustancias que reaccionan se llaman reactantes y las nuevas sustancias que se forman se llaman productos.

Reacciones irreversibles

La mayoría de las reacciones son irreversibles, es decir, que solo ocurren en un sentido, como cuando se mezcla ácido clorhídrico (HCl) con hidróxido de sodio (NaOH) y se crea cloruro sódico (NaCl) y agua (H_2O).

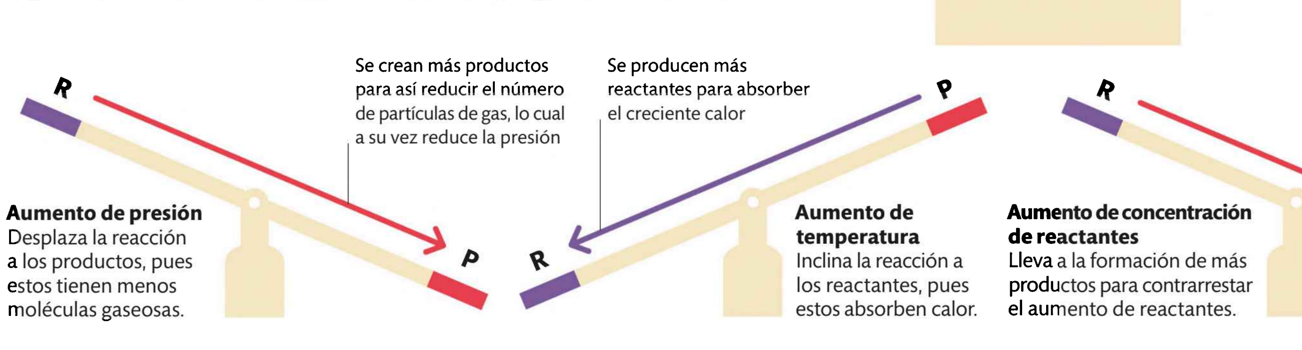




Equilibrio dinámico

En las reacciones reversibles, la reacción empieza cuando los reactantes se mezclan y forman productos (en este caso, amoníaco). Sin embargo, si no se añade o se sustrae nada más, la cantidad de producto deja de aumentar. Las reacciones aún tienen lugar en ambos sentidos, pero se equilibran unas a otras. Esto se conoce como equilibrio dinámico.

Las reacciones se neutralizan unas a otras



Aumento de presión
Desplaza la reacción a los productos, pues estos tienen menos moléculas gaseosas.

Aumento de temperatura
Inclina la reacción a los reactantes, pues estos absorben calor.

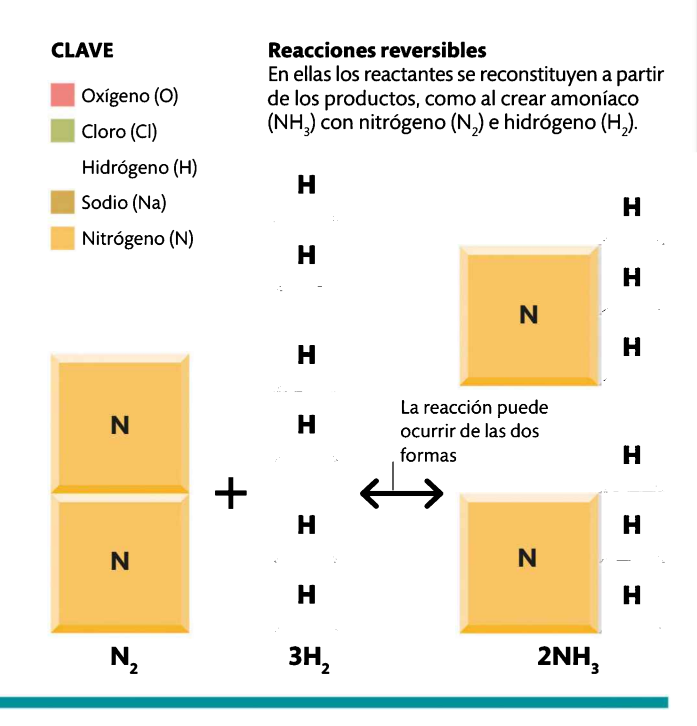
Aumento de concentración de reactantes
Lleva a la formación de más productos para contrarrestar el aumento de reactantes.

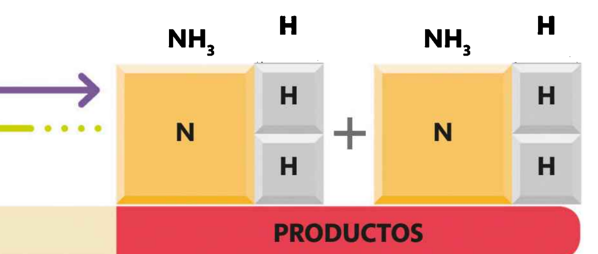


CLAVE

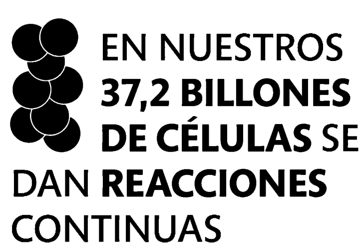
- Oxígeno (O)
- Cloro (Cl)
- Hidrógeno (H)
- Sodio (Na)
- Nitrógeno (N)

Reacciones reversibles
En ellas los reactantes se reconstituyen a partir de los productos, como al crear amoníaco (NH_3) con nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H_2).

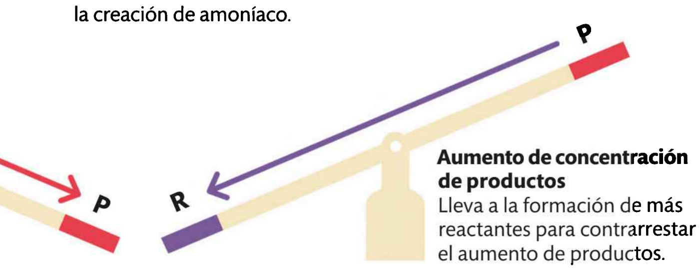




Inclinar la balanza
Si se cambia algo mientras las reacciones están equilibradas, el equilibrio puede desplazarse para contrarrestar ese cambio. Los cuatro ejemplos de abajo muestran qué ocurre al alterarse cuatro factores distintos durante la creación de amoníaco.



EN NUESTROS **37,2 BILLONES DE CÉLULAS** SE DAN **REACCIONES** CONTINUAS



Aumento de concentración de productos
Lleva a la formación de más reactantes para contrarrestar el aumento de productos.

Tipos comunes de reacción

Las reacciones químicas son de varios tipos. Algunas combinan moléculas y otras las dividen en moléculas más simples. En otras reacciones, los átomos cambian de posición y crean nuevas moléculas. La combustión (ver pp. 54-55) es otro tipo de reacción, que tiene lugar cuando el oxígeno reacciona con otra sustancia y crea suficiente calor y luz como para entrar en ignición.

Tipo de reacción	Definición	Ecuación
Síntesis	Dos o más elementos o compuestos se combinan para formar una sustancia más compleja	A + B → AB
Descomposición	Los compuestos se descomponen en sustancias más simples	AB → A + B
Reacción de desplazamiento simple	Ocurre cuando un elemento desplaza a otro en un compuesto	AB + C → AC + B
Doble desplazamiento	Ocurre cuando átomos diferentes en dos compuestos intercambian sus lugares	AB + CD → AC + BD

FUEGOS ARTIFICIALES

Al encender fuegos artificiales, tiene lugar una rápida reacción química que libera gas, el cual estalla hacia arriba en forma de chispas de colores. Los colores dependen del tipo de metal usado. El carbonato de estroncio, por ejemplo, produce fuegos artificiales rojos.



Reacciones y energía

Una reacción solo ocurre si los átomos tienen energía suficiente para romper y modificar sus enlaces. Las sustancias muy reactivas necesitan poca energía extra para desencadenar reacciones, pero otras, por la fuerza de sus enlaces, hay que calentarlas a altas temperaturas para que reaccionen.

Energía de activación

Para producir una reacción, hay que introducir energía: la energía de activación. El proceso se parece a una colina que una esquiadora tiene que ascender para poder deslizarse ladera abajo. Algunas reacciones comienzan en cuanto se combinan los reactantes. Estas reacciones –por ejemplo, entre ácido fuerte y base– tienen una baja energía de activación.

¿PUEDE DESCONTROLARSE UNA REACCIÓN?

Si no se supervisa, la velocidad de las reacciones exotérmicas puede aumentar peligrosamente al incrementarse la temperatura. Esto puede causar explosiones y liberar sustancias químicas tóxicas, como ocurrió en Bhopal, la India, en 1984.

Cuando llega a la cima, la esquiadora ya puede deslizarse ladera abajo; de igual modo, los reactantes ya tienen energía para reaccionar y formar productos, que emiten energía

El hecho de subir la colina la esquiadora es como la energía de activación necesaria para iniciar la reacción

ENERGÍA

ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

ENERGÍA EMITIDA

Energía emitida o absorbida
Si se libera más energía de la que se obtiene, los productos tienen menos energía que los reactantes y, por tanto, la reacción es exotérmica. Si se absorbe más energía de la que se emite, los reactantes tienen menos energía que los productos y la reacción es endotérmica.

ÓXIDO DE CALCIO + AGUA

= HIDRÓXIDO DE CALCIO + CALOR

Emisión neta de energía
Mezclar óxido de calcio con agua es un ejemplo de reacción exotérmica, porque durante la reacción se libera más energía (en forma de calor) de la que se absorbe. El resultado de la reacción es la emisión neta de energía.

Esta vez, la esquiadora tiene que subir una colina más alta, que simboliza una energía de activación mayor

REACCIÓN EXOTÉRMICA

COMPRIMIDO EFERVESCENTE

Cuando la saliva entra en contacto con el ácido cítrico y el bicarbonato de sodio de un comprimido efervescente, estos se disuelven y reaccionan, produciendo burbujas de dióxido de carbono. Como la reacción absorbe calor, la mezcla disuelta produce una sensación fresca en la lengua.

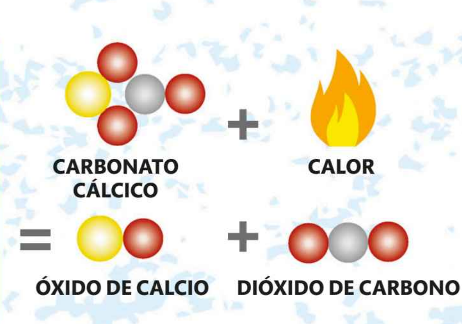


La esquiadora desciende una ladera más baja que la que ha ascendido; de la misma forma, la reacción libera una energía menor que la energía de activación que hizo falta para ponerla en marcha

EL CESIO ES TAN REACTIVO QUE **ESTALLA EN LLAMAS** AL CONTACTO CON EL AIRE

ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

ENERGÍA ABSORBIDA



Absorción de energía neta
Calentar el carbonato de calcio es un ejemplo de reacción endotérmica, porque durante la reacción se absorbe más energía (en forma de calor) de la que se libera. El resultado de la reacción, por tanto, es la absorción de energía neta.

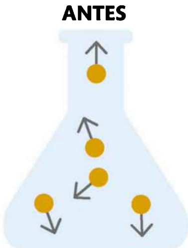
REACCIÓN ENDOTÉRMICA

Velocidades de reacción

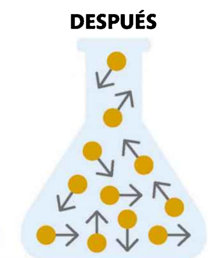
Las reacciones ocurren solo cuando los átomos de los reactantes colisionan con suficiente energía. Incrementar la temperatura, la concentración o el área de superficie de los reactantes, o reducir el volumen del recipiente, aumenta el número de colisiones y acelera la velocidad de reacción.

Incrementar la concentración
Al haber más reactantes, hay más colisiones entre átomos y la velocidad de reacción aumenta.

ANTES



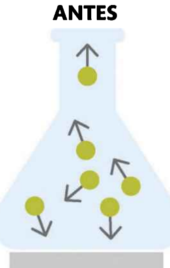
DESPUÉS



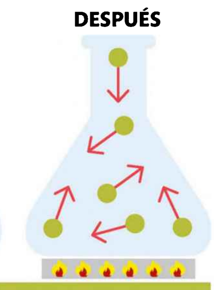
GASES Y LÍQUIDOS

Incrementar la temperatura
Esto hace que los átomos se muevan con mayor rapidez, colisionando más a menudo y con más energía.

ANTES



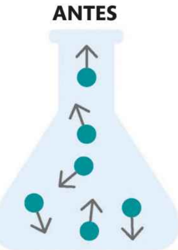
DESPUÉS



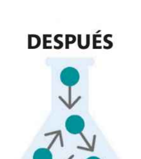
GASES, LÍQUIDOS Y SÓLIDOS

Reducir el volumen
En un recipiente más pequeño, los átomos están más apretados, lo que hace que colisionen más a menudo.

ANTES



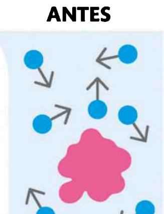
DESPUÉS



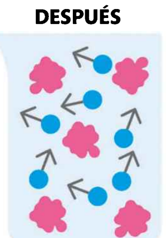
SOLO GASES

Aumentar el área de superficie de un reactante
Las colisiones en sólidos solo tienen lugar en la superficie; aumentar esa área incrementa la velocidad de reacción.

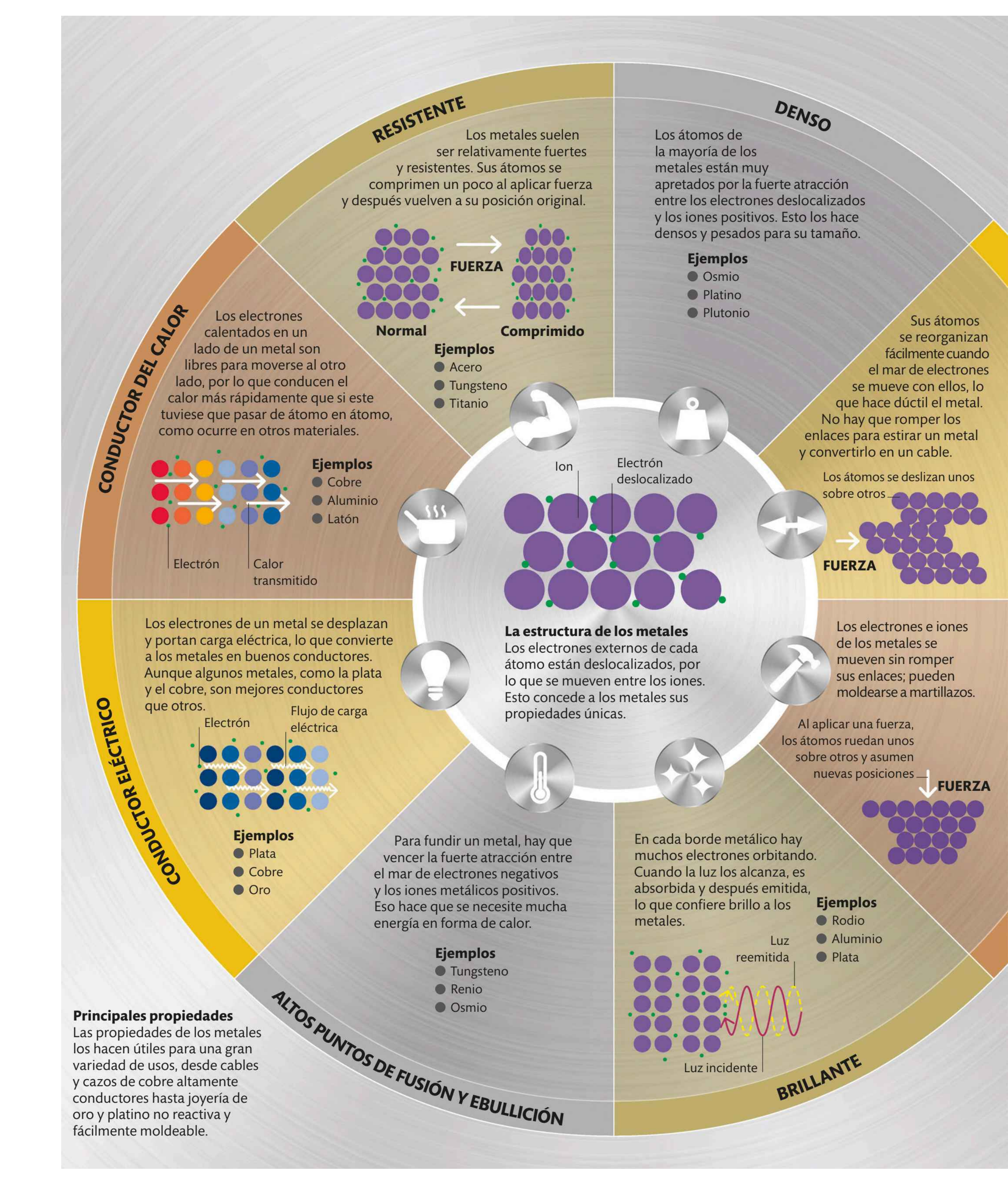
ANTES



DESPUÉS



SOLO SÓLIDOS



Principales propiedades
Las propiedades de los metales los hacen útiles para una gran variedad de usos, desde cables y cazos de cobre altamente conductores hasta joyería de oro y platino no reactiva y fácilmente moldeable.

Metales

Los metales constituyen las tres cuartas partes de los elementos naturales de la Tierra y varían enormemente en cuanto a apariencia y comportamiento. Hay ciertas propiedades básicas, sin embargo, que la mayoría de ellos comparten.

Propiedades de los metales

Los metales son sustancias cristalinas, por lo que tienden a ser duros, brillantes y buenos conductores de la electricidad y el calor. Son densos, con puntos de fusión y ebullición altos, pero es fácil moldearlos con distintos métodos. No obstante, hay excepciones. El mercurio es líquido a temperatura ambiente porque sus electrones externos son muy estables, por lo que no tiende a enlazarse con otros átomos.

DÚCTIL

Ejemplos
- Platino
- Plata
- Hierro

MALEABLE

Ejemplos
- Platino
- Plata
- Hierro

HERRUMBRE

Muchos metales son altamente reactivos, sobre todo los del grupo 1 (ver pp. 34-35). La mayoría forman óxidos al combinarse con oxígeno. Por ejemplo, el hierro forma óxido de hierro –la herrumbre– cuando se expone al oxígeno del aire o del agua.



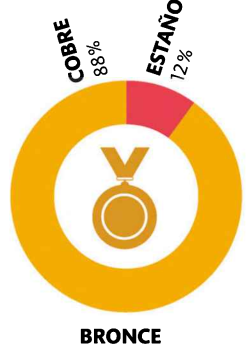
Aleaciones

La mayoría de los metales puros son demasiado blandos, frágiles o reactivos para su uso práctico. Combinarlos o mezclarlos con no metales da lugar a aleaciones, a veces con propiedades mejoradas. Variar las proporciones y los metales cambia las propiedades de las aleaciones. Una aleación común es el acero, una mezcla de hierro, carbono y otros elementos. Añadir más carbono lo vuelve más duro, lo cual es útil para la construcción. Añadir cromo lo hace inoxidable. También puede mezclarse con otros elementos para incrementar su resistencia al calor, su durabilidad o su dureza y así poder usarlo para piezas de automóvil o para taladros.

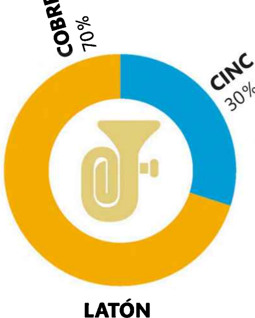
¿SON DE VERDAD DE ORO LAS MEDALLAS OLÍMPICAS?

En las medallas actuales, solo es de oro la capa exterior, que pesa unos 6 gramos. La última medalla olímpica de oro macizo se entregó en 1912.

Composición de las aleaciones
El cobre forma dos aleaciones comunes: el bronce (se le añade estaño para aumentar su dureza) y el latón (el cinc mejora la maleabilidad y durabilidad de la aleación). El acero inoxidable, otra aleación frecuente, tiene distintas composiciones.



BRONCE



LATÓN



ACERO INOXIDABLE TÍPICO

Hidrógeno

Se cree que el 90 por ciento del universo visible está hecho del elemento hidrógeno. Es vital para la vida en la Tierra, pues juega un papel crucial en la formación del agua y de los compuestos orgánicos llamados hidrocarburos. También tiene potencial como fuente de energía limpia para el futuro.

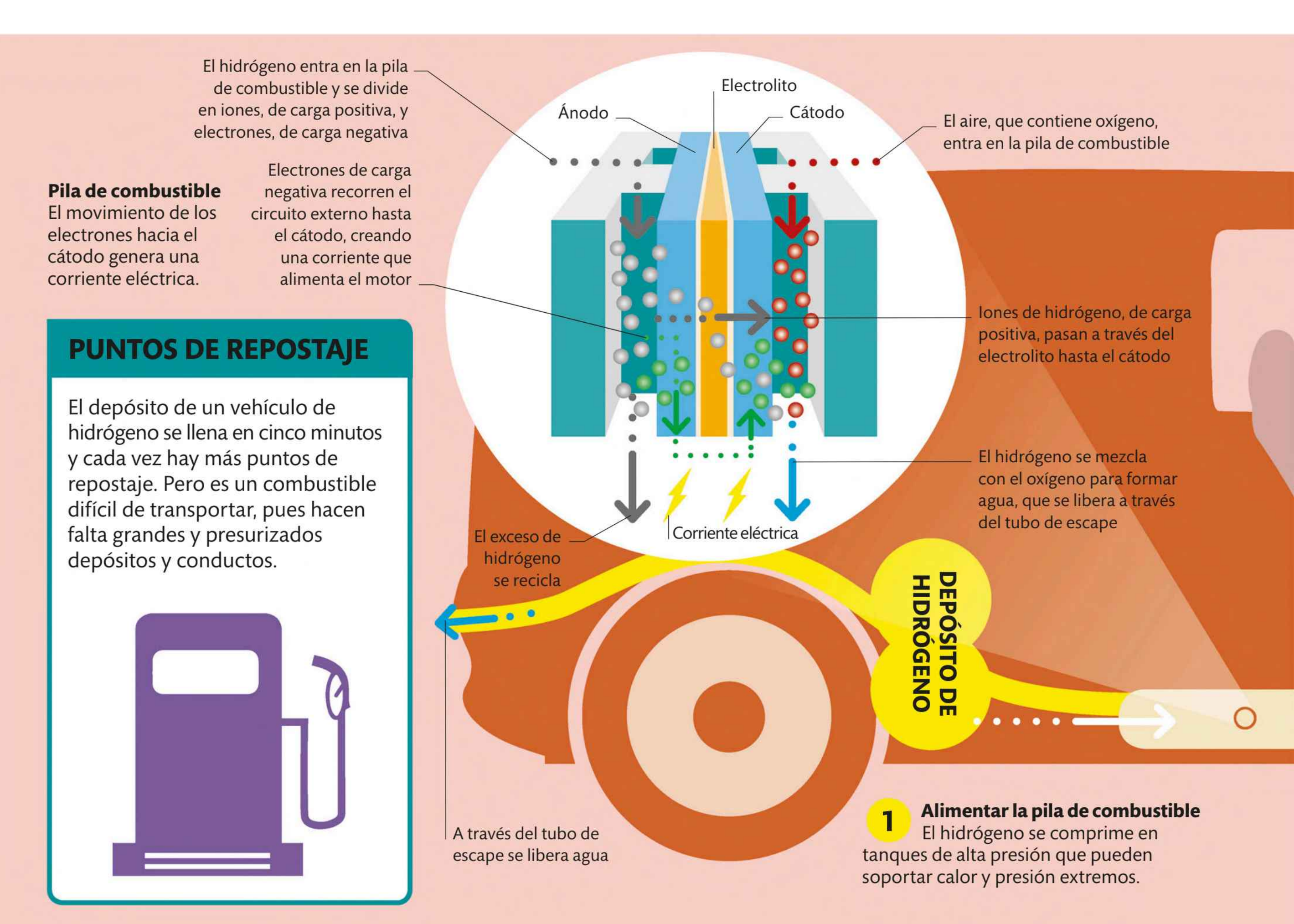
La capa electrónica de un átomo de hidrógeno tiene solo un electrón

El núcleo contiene un protón

¿Qué es el hidrógeno?

El hidrógeno es el principal componente de las estrellas y de Júpiter, Saturno y Urano. En la Tierra, a presión y temperatura normales, es un gas incoloro, inodoro y sin sabor. Es altamente combustible y bastante reactivo, por lo que en la Tierra existe sobre todo en formas moleculares como el agua, combinado con oxígeno. El hidrógeno y el carbono forman millones de compuestos orgánicos llamados hidrocarburos, que constituyen la base de muchos seres vivos.

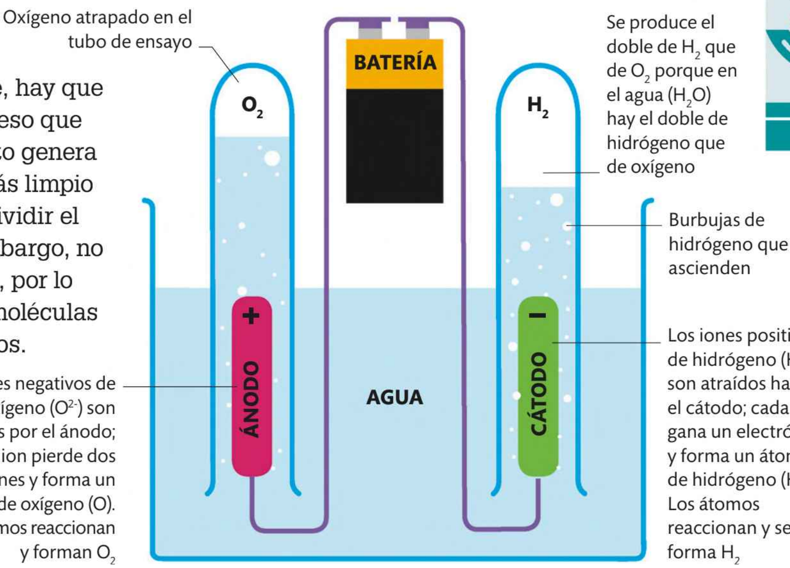
El elemento más simple
El hidrógeno, que consta solo de un protón y un electrón, es el elemento más pequeño, ligero y simple de la tabla periódica (ver pp. 34-35). Pero puede reaccionar de formas complejas, formando diferentes tipos de enlaces atómicos y permitiendo interacciones entre ácidos y bases.



Aprovechar el hidrógeno

Antes de usar hidrógeno como combustible, hay que aislarlo. Puede extraerse mediante un proceso que hace reaccionar vapor con metano, pero esto genera gases de efecto invernadero. Un método más limpio llamado electrólisis usa electricidad para dividir el agua en sus átomos constituyentes. Sin embargo, no es muy eficiente y consume mucha energía, por lo que se buscan otros métodos para dividir moléculas de agua usando catalizadores especializados.

Cómo funciona la electrólisis
Aplicar electricidad al agua hace que los átomos de hidrógeno y oxígeno pierdan y ganen electrones, respectivamente, y se conviertan en partículas con carga (iones), que se desplazan hacia el ánodo y el cátodo, se reúnen con sus electrones y se convierten de nuevo en átomos de hidrógeno y oxígeno.



Vehículos impulsados por hidrógeno

La energía almacenada del hidrógeno lo convierte en una alternativa viable a la gasolina. Sin embargo, al ser un gas, contiene menos energía por unidad de volumen que la gasolina, por lo que hay que almacenarlo a presión. Esto hace necesario un equipamiento especial que precisa energía por lo que, a su vez, genera emisiones. Los científicos buscan mejores métodos de transporte y almacenamiento, como los hidruros metálicos, que contienen hidrógeno sólido que después se somete a una reacción química reversible (ver pp. 42-43) para liberar hidrógeno puro cuando se necesita. Esto resuelve el problema del almacenamiento, pero introduce nuevos problemas, como el peso del compuesto.

El combustible del futuro
Los vehículos de hidrógeno almacenan hidrógeno comprimido, que suministra a las pilas de combustible. En estas, el hidrógeno y el oxígeno producen una reacción electroquímica que genera electricidad para alimentar el motor del vehículo.

La unidad de control de alimentación extrae electricidad de las pilas de combustible y controla el suministro al motor

UNIDAD DE CONTROL DE ALIMENTACIÓN

PILA DE COMBUSTIBLE

MOTOR

2 Conversión en electricidad
La batería de pilas de combustible consta de cientos de pilas individuales. En cada una se combinan hidrógeno y oxígeno. El proceso es mucho más eficiente que la combustión en un vehículo con motor de gasolina.

3 Suministro del motor
Un motor eléctrico impulsa las ruedas directamente, por lo que es más silencioso que los de combustión interna. Desperdicia menos energía y el proceso es más eficiente.

Carbono

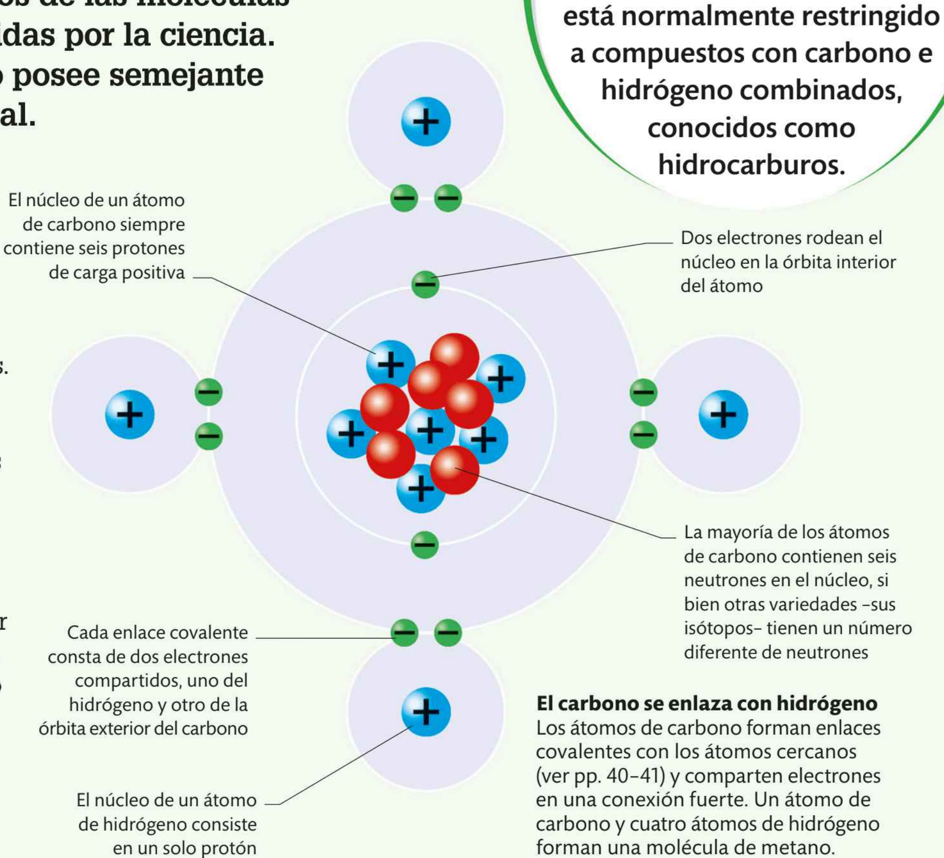
El elemento carbono constituye el 20 por ciento de todos los seres vivos, y sus átomos son los ladrillos de las moléculas más complejas conocidas por la ciencia. Ningún otro elemento posee semejante versatilidad estructural.

¿QUÉ SIGNIFICA *ORGÁNICO*?

En química, las sustancias orgánicas son aquellas que contienen carbono. El término está normalmente restringido a compuestos con carbono e hidrógeno combinados, conocidos como hidrocarburos.

¿Por qué el carbono es tan especial?

Los átomos de carbono se enlazan muy fácilmente con otros y forman una enorme variedad de formas moleculares. Cada átomo posee cuatro electrones externos que pueden formar cuatro enlaces fuertes. Los átomos de carbono se enlazan con átomos de hidrógeno, más pequeños, o entre sí, pero otros elementos pueden entrar en la mezcla. El resultado son moléculas con un «esqueleto» de carbono y una «piel» de hidrógeno: desde el simple metano, que tiene un solo átomo de carbono, a larguísimas cadenas.



El carbono se enlaza con hidrógeno
Los átomos de carbono forman enlaces covalentes con los átomos cercanos (ver pp. 40–41) y comparten electrones en una conexión fuerte. Un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno forman una molécula de metano.

CADENAS Y ANILLOS

El carbono tiene muchas formas de enlazarse y formar moléculas con otros átomos. Cada forma es un compuesto químico único con propiedades particulares. La cadena más corta es el etano (C_2H_6), un gas natural con dos átomos de carbono. Cuando una cadena de carbono es lo bastante larga, sus extremos se unen y forman un anillo, como en el benceno (C_6H_6), un componente líquido del petróleo crudo.

Átomo de hidrógeno

Los enlaces únicos pueden unir átomos en largas cadenas

Átomo de carbono

ETANO (C_2H_6)

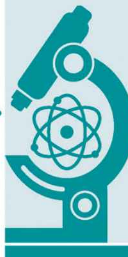
Enlace circular formado por los electrones compartidos por seis átomos de carbono

Átomo de hidrógeno

La típica estructura en anillo contiene seis átomos de carbono que forman un hexágono

Átomo de carbono

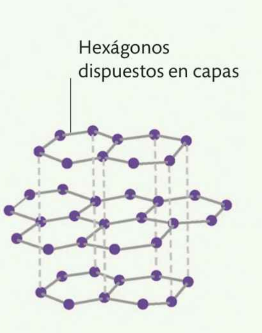
BENCENO (C_6H_6)



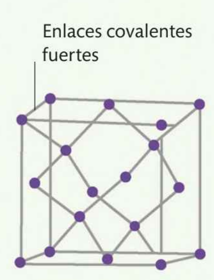
Alótropos del carbono

Los átomos de algunos elementos en sus formas más puras pueden unirse de varias maneras y generar diferentes estados físicos llamados alótropos. El carbono sólido tiene tres alótropos: la estructura como de hojaldre del grafito, los cristales ultraduros del diamante y la «jaula» hueca de los fullerenos.

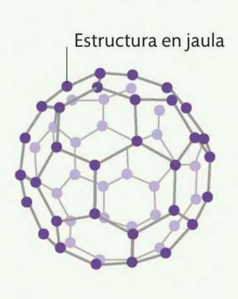
Grafito
Las finas capas del grafito se deben a que sus átomos están dispuestos en láminas y se deslizan unos sobre otros. Cada átomo tiene tres enlaces en lugar de cuatro; el electrón sobrante se mueve libremente, lo que hace que el grafito sea conductor.



Diamante
Los átomos de un diamante están dispuestos en un cristal de tres dimensiones, cada átomo ligado a otros cuatro. Esto hace que la estructura sea muy dura y resistente. No hay electrones libres, por lo que, a diferencia del grafito, el diamante no conduce electricidad.



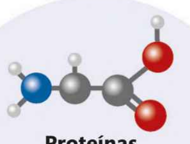
Fullerenos
Los fullerenos tienen sus átomos dispuestos en forma de «jaulas» esféricas o tubulares. Aunque la estructura es hueca, es rígida y fuerte y su particular organización atómica tiene muchas aplicaciones, como reforzar el grafito de las raquetas de tenis.



EL **DIAMANTE CULLINAN –EL MÁS GRANDE DEL MUNDO–** PESA **621,35 G**

Las piezas básicas de la vida

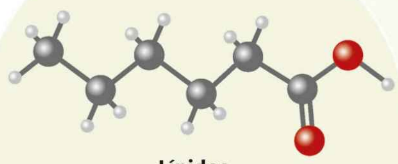
Las moléculas de carbono más complejas están en los seres vivos. En estos, el carbono se enlaza con oxígeno, nitrógeno y otros elementos y forma biomoléculas, las moléculas de la vida. La mayoría de estas pertenecen a cuatro grandes grupos: proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos. Todos se forman mediante un complejo conjunto de reacciones llamado metabolismo.



Proteínas
Los aminoácidos, que contienen carbono, crean proteínas, cadenas que forman tejidos como los músculos y aceleran las reacciones en las células.



Carbohidratos
El carbono es parte crucial de los carbohidratos, como los azúcares, los más simples, que liberan energía al descomponerse.

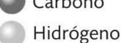


Lípidos
Los lípidos –grasas y aceites– contienen moléculas llamadas ácidos grasos que se componen de carbono, hidrógeno y oxígeno. Muchas funcionan como almacenes de energía.

La estructura del ADN está formada por azúcares

Ácidos nucleicos
Los ácidos nucleicos –como el ADN– son moléculas complejas que portan información genética; están hechos de nitrógeno, fósforo y carbono.

CLAVE


Carbono

Hidrógeno

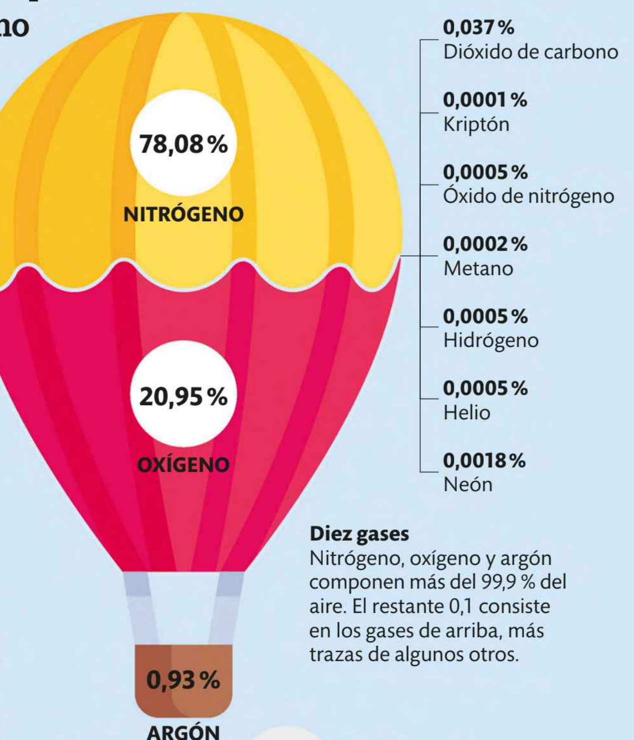
Oxígeno
Nitrógeno

Aire

El aire es la mezcla de gases de la atmósfera. Es vital para la vida, pues proporciona oxígeno para que los animales respiren y el dióxido de carbono que las plantas usan en la fotosíntesis. Sin embargo, si se contamina, afecta a estos procesos y puede dañar nuestra salud.

La composición del aire

El aire está compuesto sobre todo de nitrógeno, con un 20 por ciento de oxígeno, un 1 por ciento de argón y pequeñas cantidades de otros gases, como dióxido de carbono (CO_2). La proporción de vapor de agua depende de la localización: en ciertas zonas está ausente pero en climas húmedos puede alcanzar hasta el 5 por ciento. El comportamiento humano cambia la composición del aire, sobre todo aumentando la proporción de CO_2.



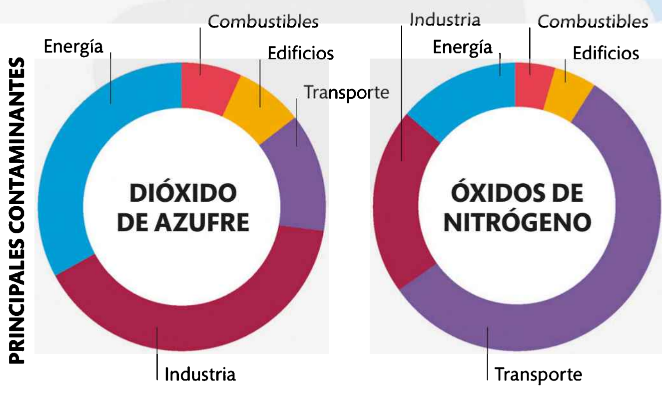
Diez gases
Nitrógeno, oxígeno y argón componen más del 99,9 % del aire. El restante 0,1 consiste en los gases de arriba, más trazas de algunos otros.



Polución atmosférica

La polución atmosférica es un grave problema. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el aire contaminado causa más muertes que la tuberculosis, el VIH/sida y los accidentes de tráfico juntos. En los países en vías de desarrollo, la mayor fuente de polución atmosférica es la quema de madera y otros combustibles. En las ciudades, los vehículos y las emisiones de casas y fábricas pueden crear zonas de alta polución que agravan el asma y otras enfermedades respiratorias. Las partículas y gotitas en suspensión en el aire contaminado son muy nocivas cuando las respiramos y entran en nuestros pulmones.

Principales contaminantes y sus fuentes
Hay seis contaminantes principales que se liberan directamente a la atmósfera y seis fuentes principales de contaminantes. Este gráfico de colores muestra cuánto de cada contaminante procede de cada fuente.



FUENTES

Energía
Quemar combustibles fósiles para producir energía es la causa de una gran proporción del dióxido de azufre que se emite a la atmósfera.



Transporte
Los combustibles usados en el transporte generan más de la mitad de las emisiones mundiales de los peligrosos óxidos de nitrógeno.

El color cambiante del cielo

El color de la luz visible depende de las ondas que llegan a nuestros ojos. La luz azul, de corta longitud de onda, es la que más dispersan las partículas atmosféricas. Esto crea el efecto del cielo azul de día (ver p. 107). La luz roja y naranja, de mayor longitud de onda, es la que menos se dispersa, por lo que no es visible de día pero sí al atardecer, cuando el Sol está bajo. Los atardeceres rojos de las ciudades se deben en gran medida a las partículas en suspensión de los motores de combustión interna, que dispersan los colores violeta y azul y potencian el rojo.

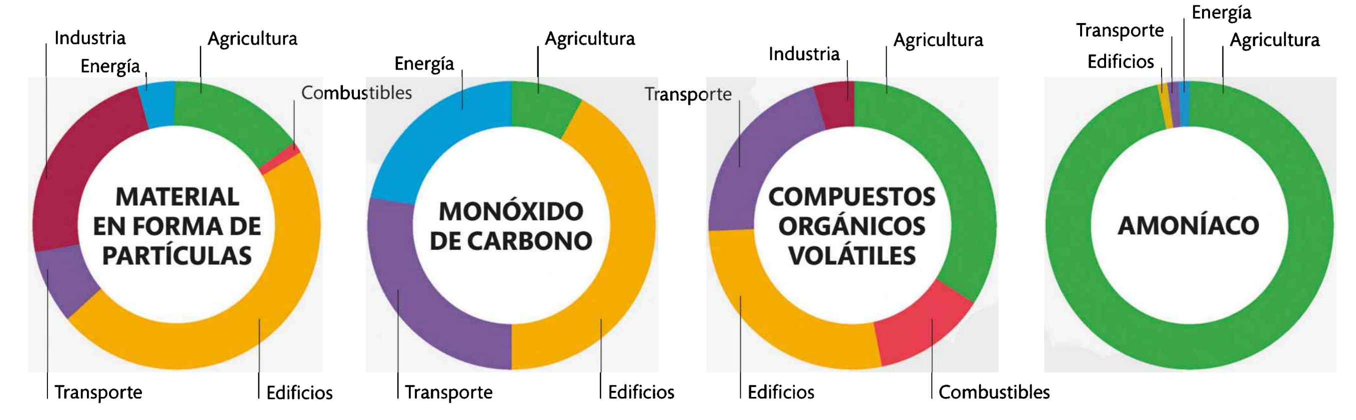
Atardecer rojo
Al atardecer, el ángulo bajo del Sol hace que su luz atraviese más atmósfera, por lo que solo se ve la luz roja y naranja.

SOL PONIENTE
RAYO DE LUZ
ATMÓSFERA
Las ondas rojas y naranjas, más largas, llegan a nuestros ojos
La luz azul, violeta y verde se dispersa
TIERRA

POLUCIÓN EN EL HOGAR

El aire de nuestras casas puede estar también contaminado. El benceno del tabaco, de la pintura y de las velas aromatizadas; el dióxido de nitrógeno de la combustión incompleta de las estufas de gas, y el formaldehído de la gomaespuma de algunos muebles son peligrosos para nuestra salud. Aumentar el número de plantas en casa ayuda a absorber sustancias tóxicas y los purificadores de aire son cada vez más eficaces.



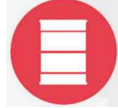




Industria
Las fábricas generan grandes emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y material en forma de partículas.



Edificios
La mayoría del monóxido de carbono se genera al cocinar y con la calefacción, sobre todo con estufas de combustibles sólidos.



Combustibles
Extraer, transportar y procesar el combustible produce polución, sobre todo en forma de compuestos orgánicos volátiles.



Agricultura
El sector agrícola es responsable de la mayoría de las emisiones de amoníaco a través de los excrementos de los animales.

Arder y explotar

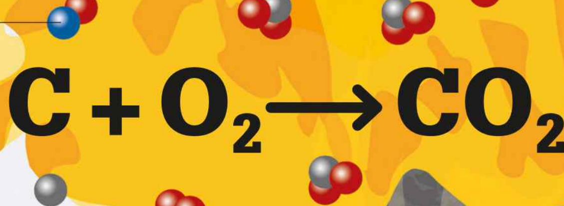
El fuego ha permitido al ser humano cocinar, alejar a los animales peligrosos, generar electricidad... Pero el fuego puede causar un gran daño si no se controla, y una simple combustión puede convertirse en una gran explosión, por lo que es crucial entender cómo funciona el fuego.

Combustión

La combustión es una reacción química. Un combustible, normalmente un hidrocarburo, como el carbón o el metano, reacciona con el oxígeno del aire y libera energía en forma de luz y calor. En una combustión total, con mucho oxígeno, se producen dióxido de carbono y agua. Una vez que la combustión ha comenzado, continúa hasta que alguien la extingue o hasta que el combustible o el oxígeno se acaban.







$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$






Carbón ardiendo
La combustión completa del carbón genera dióxido de carbono. Si el oxígeno no llega de manera uniforme, la combustión es incompleta y se genera monóxido de carbono. Las impurezas del carbón se liberan en forma de dióxido de azufre y de óxido de nitrógeno.

COMBUSTIÓN ESPONTÁNEA

Para iniciar una combustión, se suele necesitar introducir energía en forma de chispa o de llama. Sin embargo, algunas sustancias –el heno, ciertos aceites y elementos reactivos como el rubidio– pueden arder de forma espontánea si se calientan lo suficiente.



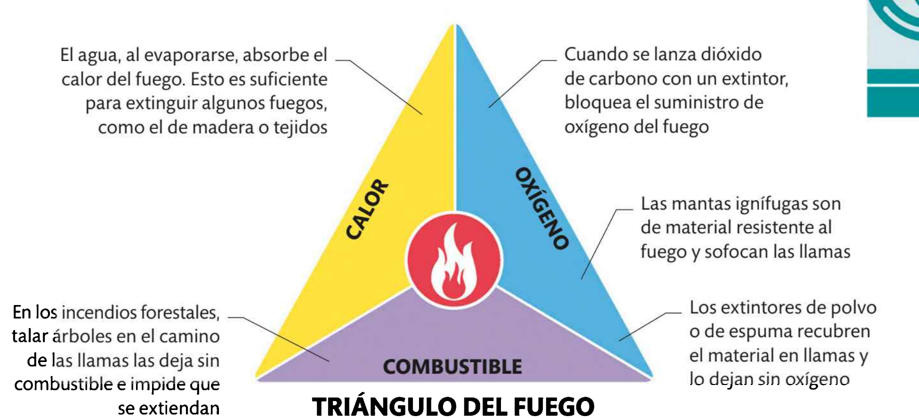
HENO Y PAJA


ACEITE DE LINAZA


RUBIDIO

Extinguir un fuego

El fuego necesita tres cosas para arder: calor, combustible y oxígeno (a menudo en forma de aire). Eliminar una de las tres apaga un fuego. Sin embargo, determinar el mejor método de extinción depende del tipo de fuego. Por ejemplo, el agua, en un fuego eléctrico, puede causar electrocución y, en un fuego de aceite o grasa, puede hacer que estos se extiendan.



TRIÁNGULO DEL FUEGO

Explosiones

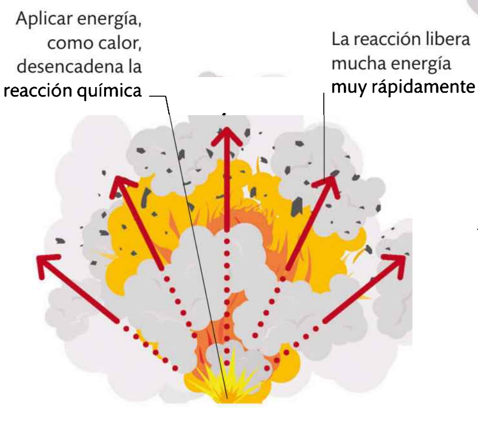
Una explosión es una súbita emisión de calor, luz, gas y presión. Las explosiones ocurren mucho más rápidamente que las combustiones. El calor de una explosión no puede disiparse y los gases liberados se expanden muy deprisa, creando una onda de choque que se aleja de la explosión y que puede ser lo bastante fuerte como para causar daños a propiedades. La metralla impulsada por el estallido causa más daños aún.

¿SE PUEDE HUIR DE UNA EXPLOSIÓN?

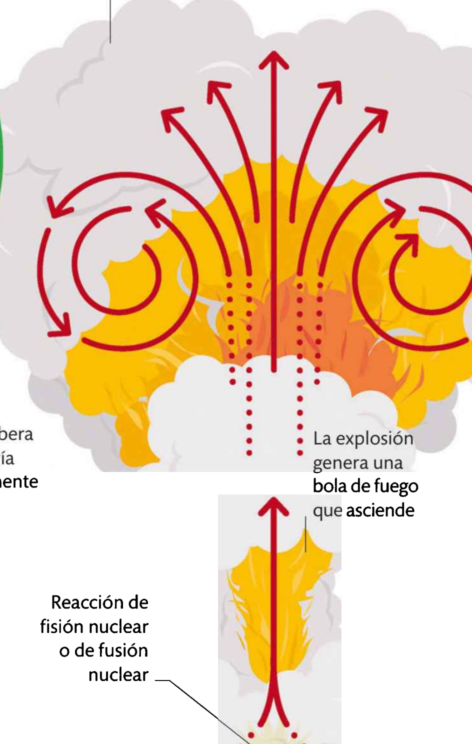
No, pues en las explosiones químicas, el material expelido por la explosión se mueve a más de 8 km/s, mucho más deprisa de lo que nadie puede correr.



Explosión física
Un punto débil en un recipiente presurizado puede romperse y permitir que escape su contenido. Al decrecer la presión, los gases se extienden muy rápidamente y se produce una explosión.



Explosión química
Las explosiones químicas están causadas por reacciones rápidas que liberan mucho gas y calor. La reacción se desencadena por calor, como en la pólvora, o por un impacto, como en la nitroglicerina.



Explosión nuclear
Una explosión nuclear puede ocurrir por fisión (división) o por fusión (unión) de núcleos atómicos. Ambas producen mucha energía muy rápidamente, además de lluvia radiactiva.

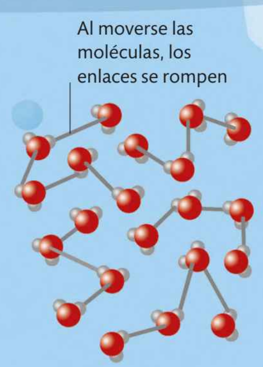
Hielo
Cuando el agua se enfría, sus moléculas se ralentizan, permitiendo que se formen más enlaces de hidrógeno. Estos enlaces mantienen las moléculas alejadas a medida que el agua se enfría y las fija en una estructura abierta. Por eso el agua se expande al congelarse.

Se forman más enlaces de hidrógeno

Las moléculas se estiran y causan expansión



Agua
En estado líquido, sus enlaces de hidrógeno se forman y se rompen sin cesar al moverse las moléculas unas junto a otras. Sin estos enlaces, el agua sería un gas a temperatura ambiente.

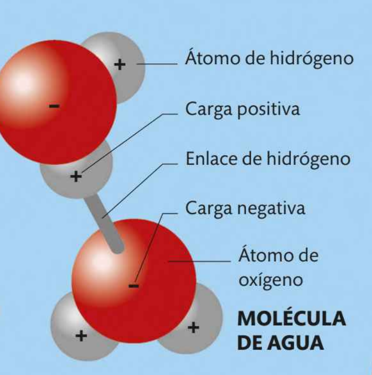


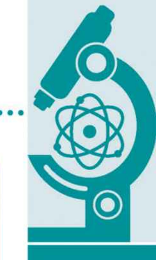
Agua

Puede que el agua sea una sustancia cotidiana, pero aun así es extraordinaria. Es la única que existe como sólido, líquido y gas a temperaturas normales y la única cuyo estado sólido es menos denso que su estado líquido.

Propiedades únicas

Cada molécula de agua consta de dos átomos de hidrógeno enlazados con un átomo de oxígeno. Un lado de la molécula (donde está el oxígeno) tiene carga negativa débil, y el otro lado tiene una pequeña carga positiva. Esas cargas diferentes hacen que se formen enlaces de hidrógeno entre las moléculas, lo que dota al agua de sus propiedades únicas.

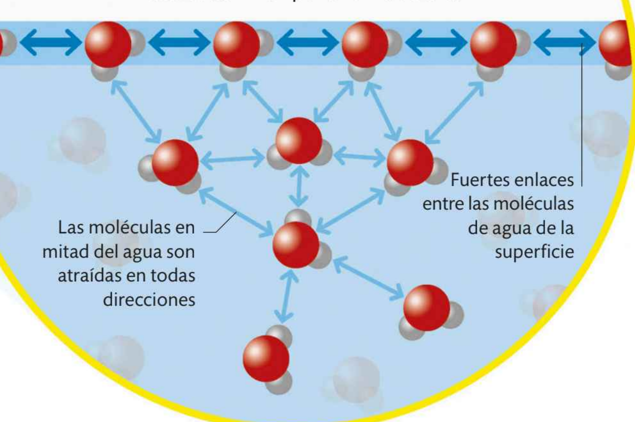






TENSIÓN SUPERFICIAL

El agua prefiere formar enlaces consigo misma que con el aire. Como resultado, las moléculas de agua de la superficie forman enlaces más fuertes con las moléculas de agua vecinas en lugar de enlazarse con el aire. Esto crea una capa en la superficie lo bastante fuerte como para que pequeños insectos caminen por encima de ella.



AGUA EN EL CUERPO

El agua constituye el 60 por ciento del peso corporal en los hombres y el 55 por ciento en las mujeres. La cantidad es menor en estas porque tienen más grasa corporal, que contiene menos agua que tejido magro. De promedio, necesitamos entre 1,5 y 2 litros de agua al día para reponer lo que perdemos con la orina, el sudor y la respiración, aunque su cantidad exacta depende del clima y del nivel de actividad.

HOMBRE ADULTO

60 % DE AGUA

La mayoría del agua está en las células

ACCIÓN CAPILAR

La atracción de las moléculas de agua por ciertas superficies depende del material. En un fino tubo de vidrio, el agua asciende porque la atracción entre las moléculas de vidrio y de agua es más fuerte que la atracción entre las propias moléculas de agua.

Cuanto más estrecho es el tubo, más asciende el agua

Agua más atraída por el tubo que por sí misma

TUBO CAPILAR

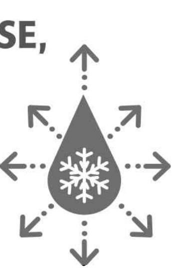
Las moléculas externas de agua tiran de sus vecinas, transmitiendo la fuerza de atracción por la superficie

El agua se mueve hacia arriba

¿POR QUÉ A VECES EL AGUA ES AZUL?

El agua absorbe luz con longitudes de onda largas, en el extremo rojo del espectro, por lo que la luz restante, la que vemos, consiste en ondas más cortas, en el extremo azul del espectro.

AL **CONGELARSE,** EL **AGUA** SE **EXPANDE** EN **VOLUMEN** EN UN **9 %**



Ácidos y bases

Aunque en términos químicos los ácidos y las bases tienen efectos opuestos, los conocemos a ambas como peligrosas sustancias corrosivas. La fuerza de los ácidos y las bases varía ampliamente.

¿Qué es un ácido?

Los ácidos son sustancias que, al disolverse en agua, liberan sus átomos de hidrógeno como iones de hidrógeno de carga positiva. Cuantos más iones libera un ácido, más potente es. Por ejemplo, el gas de cloruro de hidrógeno forma la solución ácido clorhídrico, uno de los ácidos más potentes, cuya concentración de iones de hidrógeno es mil veces mayor que las de los ácidos más débiles de algunas frutas.

H - Cl
CLORURO DE HIDRÓGENO
Ion de hidrógeno
Ion de cloro
H^+
Cl^-
Agua
ÁCIDO CLORHÍDRICO

LLUVIA ÁCIDA

El efecto corrosivo de un ácido lo causan sus iones de hidrógeno: estas partículas altamente reactivas descomponen otros materiales. El dióxido de azufre, un gas contaminante generado por la industria, reacciona con el agua de la atmósfera y forma ácido sulfúrico. Este cae como lluvia ácida y corroe los edificios de piedra caliza y mata el follaje de árboles y otras plantas.

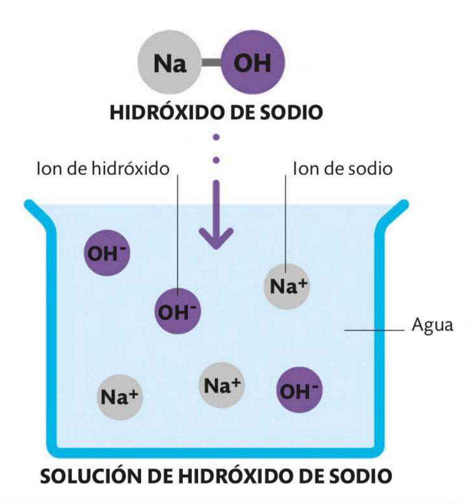






¿Qué es una base?

Las bases, químicamente, son sustancias antagonistas (opuestas) a los ácidos, pero tan reactivas como estos. Los contrarrestan neutralizando sus iones de hidrógeno. La piedra caliza es una base porque reacciona de esa forma. Las bases más potentes, como el hidróxido de sodio (sosa cáustica), al disolverse en agua reciben el nombre de álcalis. En el agua, liberan partículas con carga negativa llamadas iones de hidróxido.



Reacciones ácido-base

La reacción entre un ácido y una base produce agua y una sal. El tipo de sal formada depende de los tipos de ácido y base de la reacción. El ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio, al reaccionar, forman cloruro de sodio (sal de mesa común) y sus iones de hidróxido y de hidrógeno se unen en forma de agua.






¿POR QUÉ LOS ÁCIDOS Y LOS ÁLCALIS QUEMAN?

Los ácidos y los álcalis dañan la proteína de la piel y matan células cutáneas. A diferencia de los ácidos, los álcalis también licúan el tejido, lo que hace que penetren más profundamente y sean más dañinos que los ácidos.

Medir la acidez

La escala pH es una medida de la acidez o la fuerza alcalina de una sustancia. Va desde el 0 para los ácidos fuertes al 14 para los álcalis fuertes. En cada grado de la escala, la concentración de iones de hidrógeno es diez veces inferior. Se usa un pigmento, llamado indicador, para medir el pH de una sustancia. Al reaccionar con el indicador, produce colores que van desde el rojo del pH 0 al púrpura del pH 14, pasando por el verde, que representa el pH 7 (neutro).

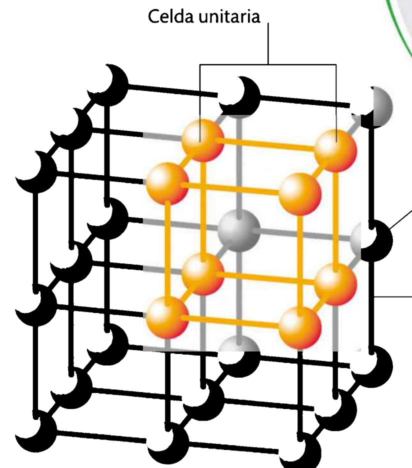


Cristales

Desde la piedra preciosa más dura al más fugaz y delicado copo de nieve, la estructura de un cristal puede ser algo muy hermoso. Esta propiedad proviene de la precisa organización microscópica de sus átomos u otras partículas.

¿Qué es un cristal?

Los sólidos cristalinos (ver p. 14) se componen de partículas muy bien ordenadas en un patrón de átomos, iones o moléculas que se repite. Esto contrasta con los materiales amorfos (no cristalinos), como el polietileno o el vidrio (ver pp. 70-71), en los que las partículas se unen de forma aleatoria. Algunos sólidos, como casi todos los metales, son cristalinos solo en parte: contienen muchos cristales diminutos llamados granos, pero estos están unidos de manera aleatoria.



Estructura de los cristales
Un cristal consta de una unidad repetida de átomos llamada celda unitaria. La más sencilla (en la imagen) es un cubo de ocho átomos. Los planos son paralelos y los cristales se rompen a lo largo de estos.

¿POR QUÉ ALGUNOS CRISTALES TIENEN COLOR?

Como cualquier sustancia, los cristales se colorean si sus átomos reflejan o absorben determinadas longitudes de onda de la luz. El rubí es rojo, por ejemplo, a causa de sus átomos de cromo, que reflejan la luz roja.

Cristales minerales

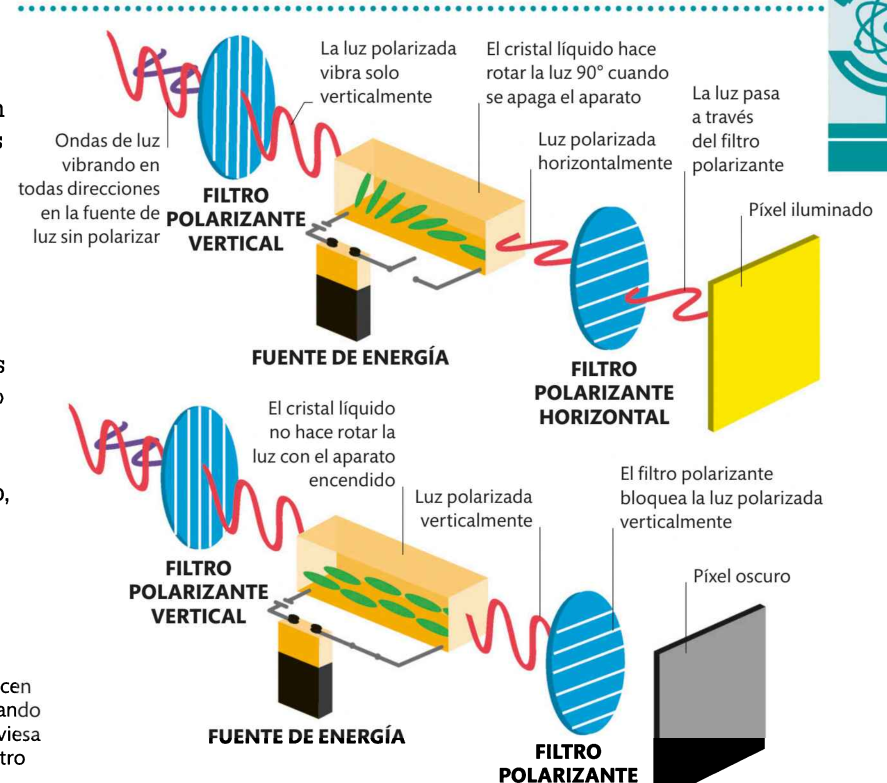
Los minerales cristalizan en la roca del fondo de la Tierra por procesos geológicos. Los cristales se forman cuando la roca fundida se solidifica o cuando los fragmentos sólidos se recristalizan por el calor y la presión. También pueden formarse en una solución, cuando el agua deposita minerales disueltos en concentración excesiva. Si una cristalización así es estable durante mucho tiempo (ver derecha), los cristales pueden alcanzar un gran tamaño.





Cristales líquidos

Algunos materiales fluyen pero tienen propiedades cristalinas. Estos cristales líquidos se encuentran en un estado entre líquido y sólido. Sus partículas están ordenadas, pero también pueden girar de modo que apunten en diferentes direcciones. Como las partículas en los cristales sólidos, afectan a la transmisión de la luz. Las moléculas rotatorias pueden «curvar» la luz polarizada (que vibra en una dirección). Esta propiedad forma la base de las pantallas de cristal líquido, en las que la electricidad controla la alineación de las moléculas para iluminar unos píxeles y no otros.



Pantalla de cristal líquido
En «reposo», las moléculas de cristal líquido hacen rotar la luz polarizada para iluminar un píxel. Cuando una corriente eléctrica las alinea, la luz las atraviesa recta: su vibración vertical se bloquea por el filtro horizontal, dando un píxel oscuro.

Los cristales crecen al depositarse más minerales

AGUA RICA EN MINERALES

Capa irregular en la pared con grandes cristales

Cavidad sin agua

2 La capa de cristales crece
Los primeros y minúsculos cristales actúan como «semillas». A medida que se deposita más mineral, la ordenación de partículas se replica y los cristales crecen.

3 La capa de cristales aumenta
A medida que el agua escapa o se evapora, se añade una fina capa de mineral cristalizado, dejando cristales gigantes adheridos a la pared de la cavidad.

HACE 250 000 AÑOS

ACTUALMENTE

Soluciones y disolventes

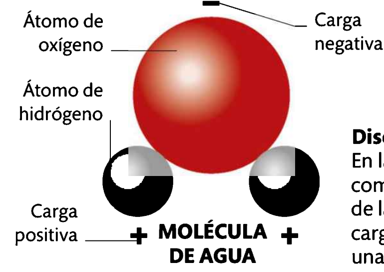
La sal o el azúcar parecen desaparecer cuando se añaden al agua, pero su sabor permanece, prueba de que se han disuelto en el agua y están repartidos en la solución.

¿PODRÍA DESHACER UN CUERPO USANDO UN ÁCIDO O UN ÁLCALI?

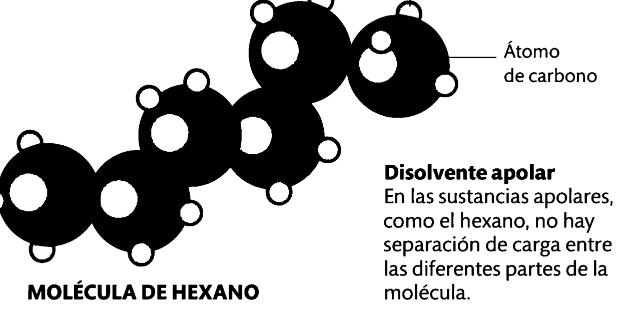
Un cuerpo en un ácido o en un álcali se licuaría finalmente por completo, aunque podría tardar varios días, dependiendo de la fuerza y la temperatura del ácido o álcali.

Tipos de disolvente

Cuando una sustancia se disuelve en otra, la sustancia que disuelve recibe el nombre de disolvente. Hay dos clases principales de disolventes: polares y apolares. Los disolventes polares, como el agua, poseen una pequeña diferencia de carga eléctrica en sus moléculas, la cual interactúa con las cargas opuestas de los solutos polares. Los disolventes apolares, como el hexano, carecen de esta carga y son eficientes a la hora de disolver átomos y moléculas sin carga, como el aceite y la grasa.



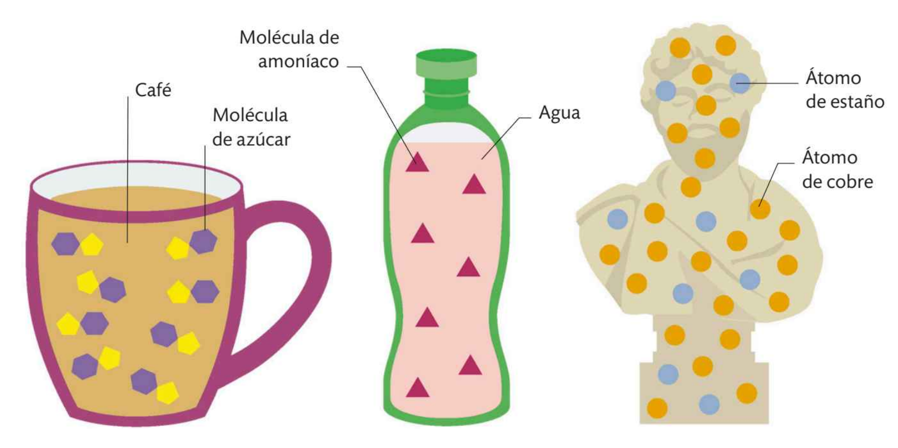
Disolvente polar
En las sustancias polares, como el agua, una parte de la molécula porta una carga negativa y la otra, una carga positiva.



Disolvente apolar
En las sustancias apolares, como el hexano, no hay separación de carga entre las diferentes partes de la molécula.

Tipos de solución

Cuando un soluto se disuelve en un disolvente y forma una solución, las dos sustancias se mezclan de manera tan perfecta que sus partículas (átomos, moléculas o iones) se entremezclan por completo. Sin embargo, las partículas no cambian químicamente. Las soluciones de sólidos en líquidos son la forma más conocida de solución, pero también hay otras, como gases en líquidos y sólidos en sólidos. Cuando un soluto se disuelve, la solución resultante tiene el mismo estado (líquido, sólido o gaseoso) que el disolvente.



Sólido en líquido
El café azucarado es una solución de un sólido (azúcar) disuelto en un líquido (café: agua con moléculas de sabor).

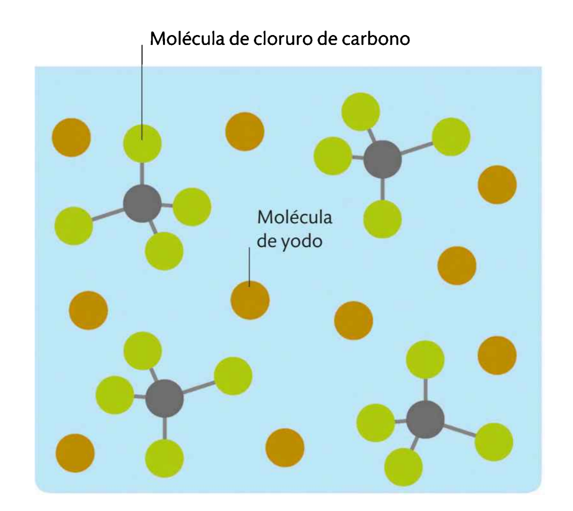
Gas en líquido
El gas amoníaco se disuelve fácilmente en agua y forma una solución alcalina con la que se elaboran algunos limpiadores domésticos.

Sólido en sólido
El bronce es una solución de estaño en cobre. El cobre es el disolvente, porque hay más que estaño, un 88 por ciento, contra un 12 por ciento de estaño.

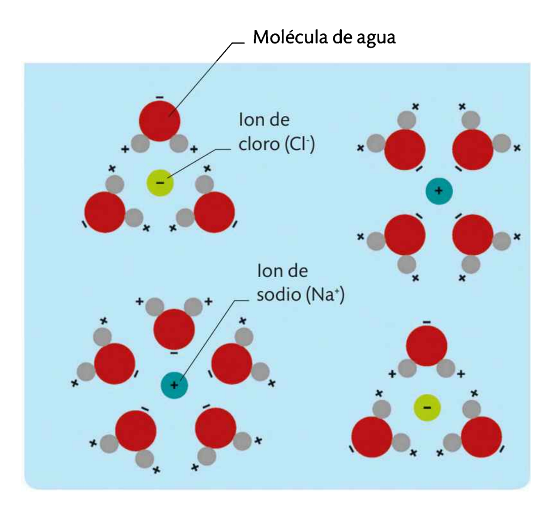
Lo parecido disuelve lo parecido

Los disolventes polares disuelven solutos polares porque sus cargas opuestas se atraen y crean enlaces débiles. El agua es polar porque sus átomos de oxígeno son ligeramente positivos. Las sustancias apolares no pueden mezclarse con sustancias polares, por eso el aceite y el agua no se mezclan. Solo las partículas polares pueden combinarse para formar una solución.

SE DICE QUE EL AGUA ES EL DISOLVENTE UNIVERSAL PORQUE DISUELVE MÁS SUSTANCIAS QUE NINGÚN OTRO LÍQUIDO



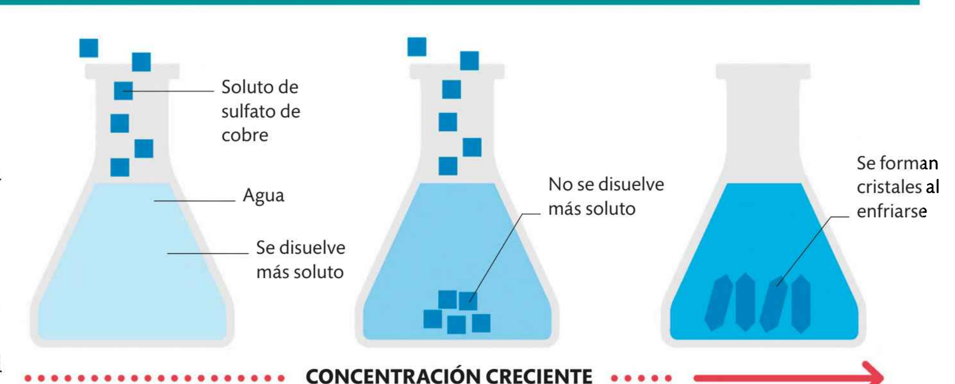
Soluto apolar en disolvente apolar
Los disolventes apolares, como el cloruro de carbono, pueden disolver solutos apolares, como el yodo, pero no solutos polares.



Soluto polar en disolvente polar
Los disolventes polares, como el agua, pueden disolver sustancias que poseen carga, como la sal de mesa (cloruro sódico, NaCl) y el azúcar.

Solubilidad

La solubilidad es el grado en que se disuelve una sustancia. Varía según la temperatura y, en los gases, de la presión. Así, en agua caliente se disuelve más azúcar que en agua fría, y cuanto más alta es la presión de un gas, más se disolverá en un líquido. La máxima cantidad de soluto que puede disolverse en una cantidad de disolvente a una temperatura y presión específicas recibe el nombre de punto de saturación.



Solución insaturada
En una solución insaturada, se disuelve más soluto (en este caso, cristales de sulfato de cobre) en el disolvente.

Solución saturada
En una solución saturada, la máxima cantidad de soluto se ha disuelto ya a esa temperatura.

Solución sobresaturada
Al calentarla, se disuelve más soluto. Enfriarla deprisa deja la solución sobresaturada antes de que los cristales se solidifiquen.

Catalizadores

A altas temperaturas, las reacciones químicas son más rápidas, pues átomos y moléculas colisionan a más velocidad. Los catalizadores son sustancias que aumentan la velocidad de las reacciones, pero ellos no cambian, por lo que se pueden reutilizar.

Así funcionan los catalizadores

Las partículas necesitan tener suficiente energía para reaccionar juntas. Para algunas reacciones, esta energía de activación (ver p. 44) es tan grande que las partículas en cuestión no reaccionan nunca en condiciones normales. Los catalizadores rebajan la energía de activación y hacen que la reacción sea posible. Normalmente, solo hace falta una pequeña cantidad de catalizador para que esto ocurra.

Catalizadores industriales

Distintos catalizadores se usan para hacer más productivas las reacciones químicas industriales. Muchos son metales u óxidos metálicos. Así, el hierro sirve para producir amoníaco mediante el proceso de Haber (ver p. 67). Muchos son sólidos y pueden separarse y reutilizarse.

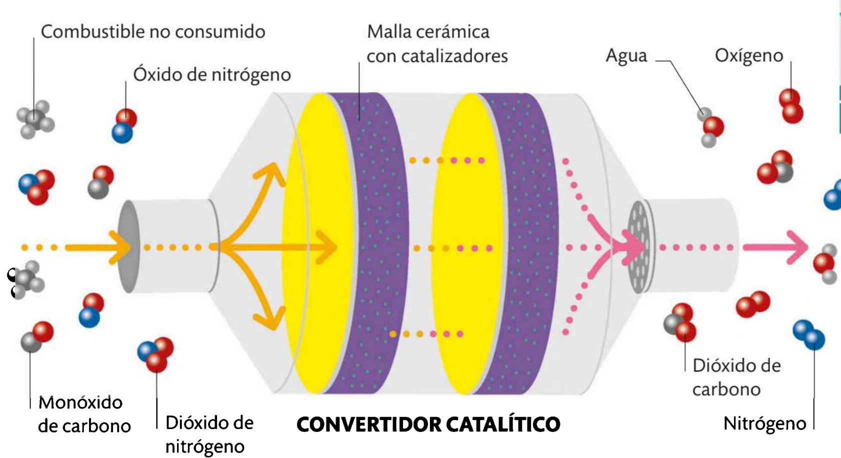
Zeolitas

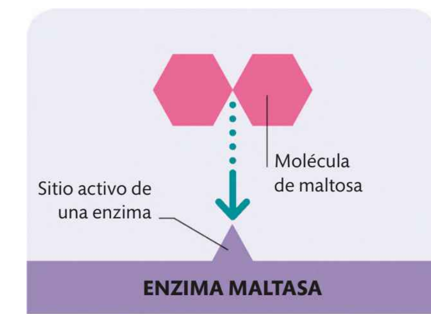
Las zeolitas son grandes moléculas porosas en forma de red. Tienen muchas aplicaciones industriales. Por ejemplo, para refinar petróleo crudo y obtener productos petroquímicos.

LA ENZIMA CATALASA CATALIZA UNOS 40 MILLONES DE REACCIONES POR SEGUNDO

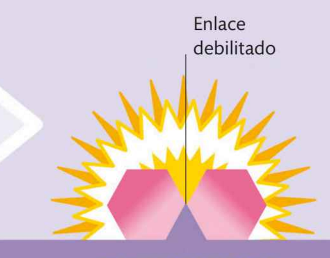
Convertidores catalíticos

Los convertidores catalíticos que llevan los coches modernos tienen «mallas» cerámicas recubiertas de catalizadores de platino y rodio. Su estructura ofrece una gran área para que los catalizadores actúen en los gases de escape, y conviertan los tóxicos en dióxido de carbono (menos dañino), agua, oxígeno y nitrógeno. El calor del motor del coche hace que los catalizadores funcionen a la velocidad adecuada.

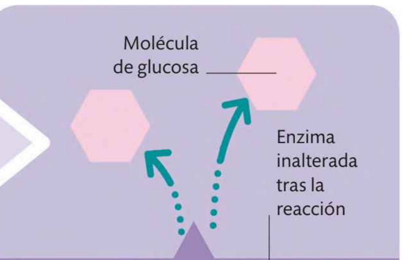




1 La maltosa se enlaza con la enzima La molécula –aquí, el azúcar de malta– se enlaza temporalmente con el sitio activo (parte catalizadora) de la enzima maltasa. Solo la maltosa encaja.



2 El enlace de la maltosa se debilita La energía de activación para dividir la maltosa desciende al enlazarse con el sitio activo de la enzima. Así la maltasa puede descomponer fácilmente la maltosa.



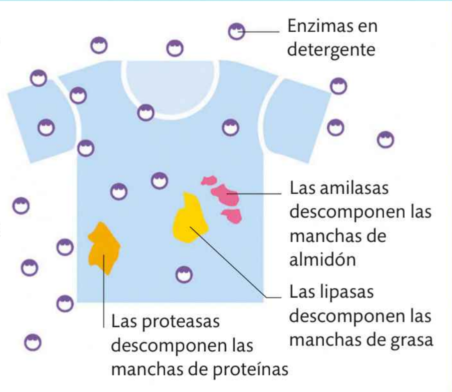
3 La glucosa se divide La reacción química en el sitio activo reorganiza los enlaces químicos y divide la maltosa en dos moléculas de glucosa. Tras esto, la enzima ya puede actuar de nuevo.

Catalizadores biológicos

Muchos catalizadores inorgánicos industriales catalizan diferentes reacciones, pero los catalizadores de los seres vivos son más selectivos. Las proteínas llamadas enzimas catalizan reacciones biológicas específicas, como replicar ADN o digerir comida. La forma de cada una encaja con un tipo particular de reactante. Se necesitan miles de enzimas distintas para activar el metabolismo (conjunto de reacciones químicas necesarias para mantener con vida un organismo).

DETERGENTES BIOLÓGICOS

Las enzimas, y otros catalizadores, son muy útiles. Se usan para reacciones biológicas, como en la limpieza de manchas en la ropa. Los detergentes biológicos llevan enzimas que digieren las proteínas de la sangre y las grasas. Actúan a temperatura corporal (se destruyen a temperaturas demasiado altas), por lo que funcionan con agua más fría, lo que es más eficiente energéticamente y menos dañino para los tejidos delicados.



Productos químicos

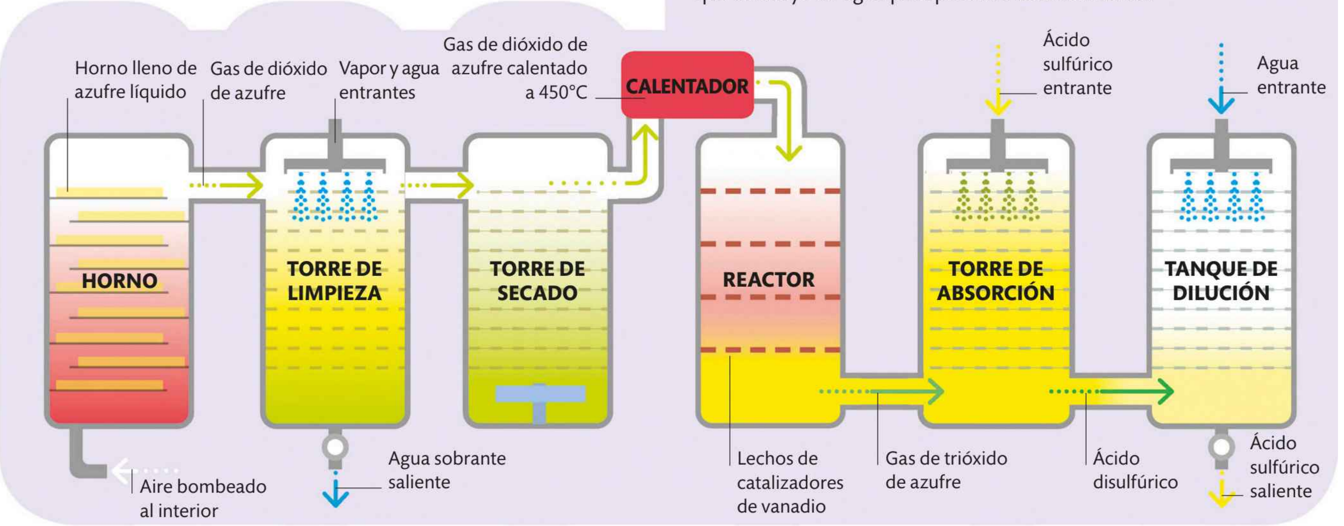
Todos los días usamos productos hechos por el hombre, desde combustibles y plásticos a medicamentos. Para producir muchos de ellos hacen falta sustancias químicas básicas, como ácido sulfúrico, amoníaco, nitrógeno, cloro y sodio.

Ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico es una de las sustancias químicas de uso más frecuente: se emplea en desatascadores de cañerías y en baterías, y para manufacturar productos como papel, fertilizantes o latas. Hay diversos métodos para fabricarlo, pero el más conocido es el proceso de contacto.

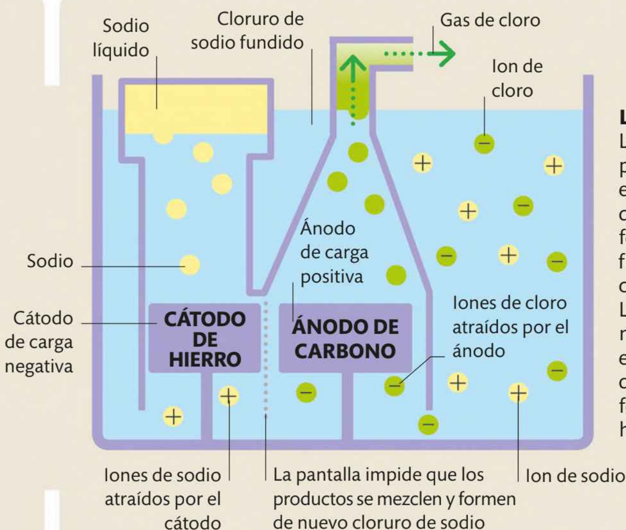
El proceso de contacto

El azufre líquido reacciona con el aire y produce gas de dióxido de azufre, que se limpia, se seca y se convierte en gas de trióxido de azufre con un catalizador de vanadio. Se añade ácido sulfúrico para generar ácido disulfúrico, que se diluye en agua para producir ácido sulfúrico.



Cloro y sodio

El cloro y el sodio se generan a partir de la sal común (cloruro de sodio) mediante un proceso llamado electrólisis, realizado a escala industrial en un tipo de tanque llamado celda de Downs. Esta contiene cloruro de sodio fundido y electrodos de carbono. Cuando se introduce una corriente eléctrica por los electrodos, los iones de sodio y cloro se desplazan hacia estos y se transforman en átomos de sus elementos, que después se recogen.

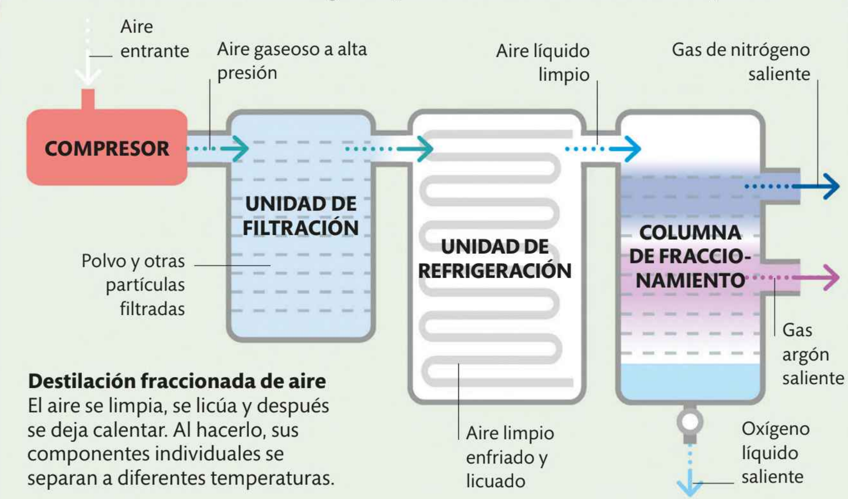


La celda de Downs

Los iones de sodio de carga positiva se desplazan hacia el cátodo de carga negativa, donde ganan un electrón para formar sodio metálico. El metal flota hasta la superficie del cloruro de sodio fundido. Los iones de cloro, de carga negativa, se desplazan hacia el ánodo, de carga positiva, donde pierden un electrón y forman cloro, que burbujea hacia arriba en forma de gas.

Nitrógeno

El aire contiene un 78 por ciento de nitrógeno y es la principal fuente de nitrógeno puro en forma de gas, que se extrae por medio de la destilación fraccionada. El aire se enfría hasta que se hace líquido y después se deja calentar. Al hacerlo, los componentes vuelven al estado gaseoso a distintas temperaturas, correspondientes a las varias alturas de la columna de fraccionamiento. El oxígeno queda en el fondo en forma líquida.



Destilación fraccionada de aire
El aire se limpia, se licúa y después se deja calentar. Al hacerlo, sus componentes individuales se separan a diferentes temperaturas.

DERIVADOS DEL PETRÓLEO

La destilación fraccionada del petróleo crudo genera una gran variedad de productos útiles. Algunos pueden usarse de inmediato, como el gas natural, la gasolina, el diésel, los aceites lubricantes y el asfalto para las carreteras. Otros necesitan procesarse más, como los plásticos y los disolventes.

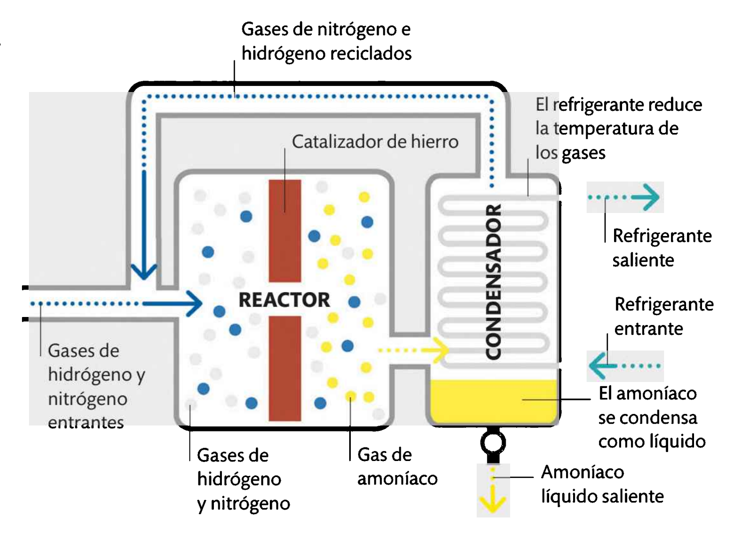


CADA AÑO SE PRODUCEN EN TODO EL MUNDO MÁS DE 230 MILLONES DE TONELADAS DE ÁCIDO SULFÚRICO



Amoníaco

El proceso de Haber produce amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno. El amoníaco es vital para fabricar fertilizantes, tintes y explosivos, así como productos de limpieza. El nitrógeno es reactivo, por lo que en el proceso Haber se usa un catalizador de hierro, así como una temperatura y una presión altas en el reactor para aumentar la velocidad de la reacción y producir la máxima cantidad de amoníaco.



El proceso de Haber
Se mezclan gases de hidrógeno y nitrógeno y se pasan por un catalizador de hierro, que los obliga a formar amoníaco. Al enfriar la mezcla, se obtiene amoníaco líquido. El nitrógeno y el hidrógeno que no han reaccionado se reciclan.

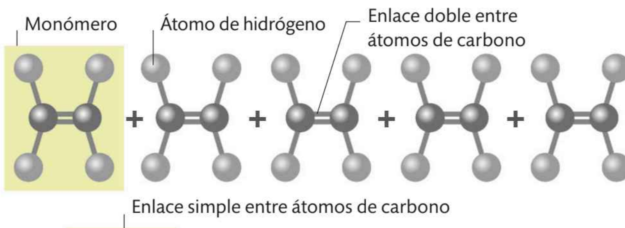
Plásticos

Los plásticos son resistentes, ligeros y baratos, y han transformado la vida moderna. La mayoría están hechos de combustibles fósiles y no se biodegradan, por lo que su uso creciente conlleva problemas medioambientales.

Monómeros y polímeros

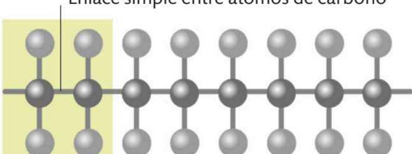
Los plásticos son polímeros sintéticos. Un polímero es una larga cadena de moléculas hecha de monómeros, y puede tener cientos de moléculas de largo. Los plásticos, según el monómero de que están hechos, tienen diferentes propiedades y utilidades. El nailon, por ejemplo, se usa para hacer las fibras de los cepillos de dientes, y el polietileno, para hacer bolsas.

Monómeros
Los monómeros de muchos plásticos tienen un doble enlace carbono-carbono (ver p. 41).



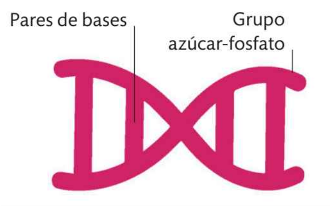
Polímeros
Para formar un polímero, el doble enlace se rompe y cada monómero se enlaza con su vecino y crea largas cadenas.





POLÍMEROS NATURALES

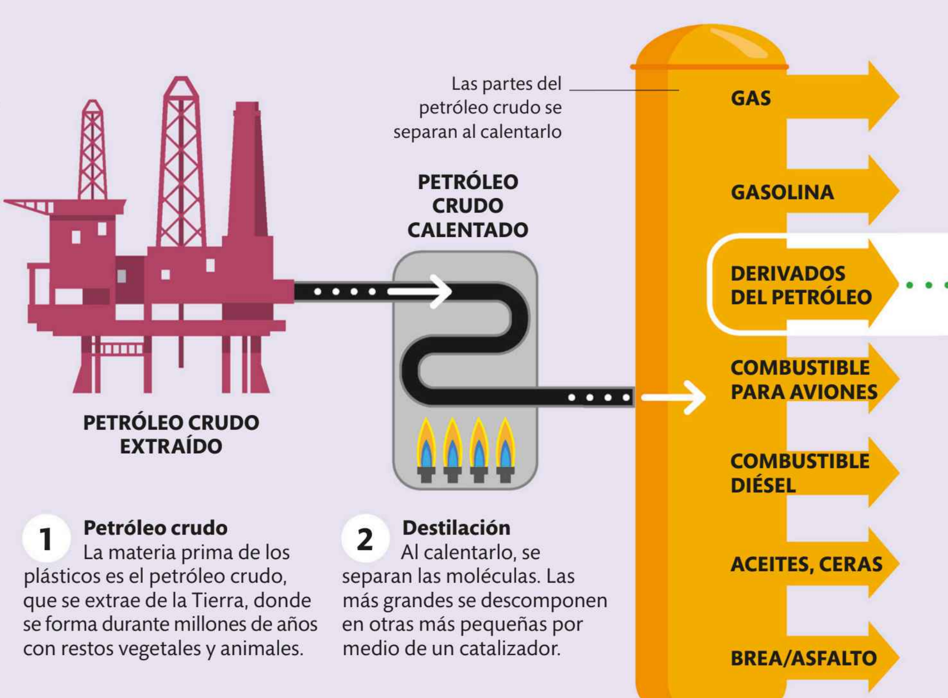
También hay polímeros naturales: lo son los azúcares, la goma y el ADN. El ADN se compone de monómeros llamados nucleótidos, hechos de un azúcar y un grupo fosfato (su columna vertebral), más una base nitrogenada que proporciona el código para producir proteínas.





Producción de plásticos

La mayoría de los plásticos se hacen con derivados del petróleo crudo. Con un catalizador y a cierta presión y temperatura, los monómeros se polimerizan. Se pueden añadir otros productos para cambiar sus propiedades. Una vez formado, se moldea para hacer diferentes productos. Hay bioplásticos, de materiales renovables como madera o bioetanol, pero son una minoría de los plásticos que se generan hoy en día. Los plásticos son termoestables o termoplásticos. Los termoestables se moldean solo una vez y los plásticos termoplásticos pueden fundirse y moldearse repetidamente.



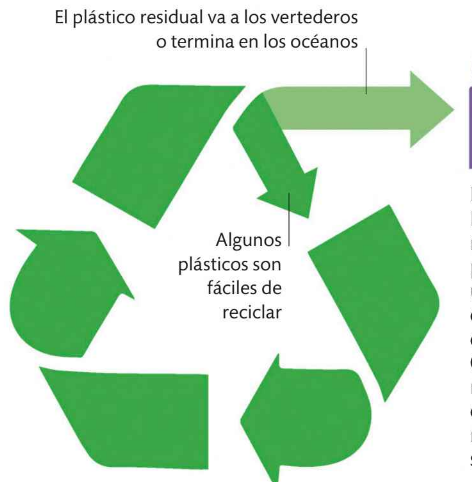
1 Petróleo crudo La materia prima de los plásticos es el petróleo crudo, que se extrae de la Tierra, donde se forma durante millones de años con restos vegetales y animales.

2 Destilación Al calentarlo, se separan las moléculas. Las más grandes se descomponen en otras más pequeñas por medio de un catalizador.

Reciclado

Algunos plásticos se reciclan con facilidad troceándolos, fundiéndolos y dándoles de nuevo forma. Pero para otros se necesitan métodos diferentes. Un objetivo es convertir plásticos en combustible líquido o quemarlos para producir energía directamente, o bien crear plásticos que puedan ser digeridos por bacterias. Pero todo esto aún no puede aplicarse a gran escala.

El plástico residual va a los vertederos o termina en los océanos



Algunos plásticos son fáciles de reciclar



Residuos
La mayoría de los residuos plásticos pasarán milenios en un vertedero, empapando la tierra de sustancias tóxicas. Otros acaban en el mar: se descomponen en microplásticos, nocivos para la vida salvaje.

BENEFICIOS Y DESVENTAJAS DE LOS PLÁSTICOS

Beneficios	Desventajas
Los plásticos son baratos de fabricar y no necesitan cultivo de plantas o cría de animales ni los recursos que esto requiere.	Los plásticos se hacen a partir de materias no renovables, cuya extracción es dañina para el medio ambiente.
Los plásticos son ligeros y resistentes y con poco material se pueden fabricar muchos productos útiles.	Los plásticos se descomponen en pequeños fragmentos que van a parar a nuestra agua y afectan a la vida salvaje y a lo que comemos.
Se puede dotar a los plásticos de una amplia variedad de características: su dureza, flexibilidad y resistencia pueden controlarse.	Los plásticos pueden deteriorarse y romperse tras usos repetidos. Además, los rayos ultravioletas del Sol los hacen más frágiles.
Las fibras sintéticas pueden hacerse elásticas y más resistentes a las arrugas, el agua y las manchas que las fibras naturales.	Las ropas sintéticas no permiten que se evapore el sudor, por lo que pueden ser incómodas en climas cálidos. Además, acumulan electricidad estática.
Algunos tipos de plástico pueden reciclarse, lo que los hace más ecológicos que sus equivalentes no reciclables.	Los plásticos no biodegradables contribuyen a la polución global de los mares y la tierra. Además, están saturando los vertederos.

POLIMERIZACIÓN

Se añade un catalizador para que comience la polimerización

Monómeros derivados del petróleo

Polímero en bolitas

3 Polimerización
Con un catalizador y controlando la temperatura y la presión, los monómeros reaccionan y se transforman en polímeros. En algunos casos se producen pequeñas moléculas como derivados, por ejemplo agua.

Las bolitas de plástico se aplastan y se funden

4 Moldear plásticos
Muchos plásticos son flexibles al calentarlos, y pueden moldearse con presión y, al enfriarse, se endurecen de nuevo. El plástico ablandado también puede soplarse en un molde o cubrir uno mediante vacío. Si se funde, puede inyectarse en un molde.

Fuente de calor

Plástico listo para moldear

5 Producto final
Con los plásticos se puede hacer de todo, desde botellas a mandos de televisión y fibras textiles. Cada producto requiere diferentes propiedades, por lo que se usan distintos plásticos y tipos de producción.

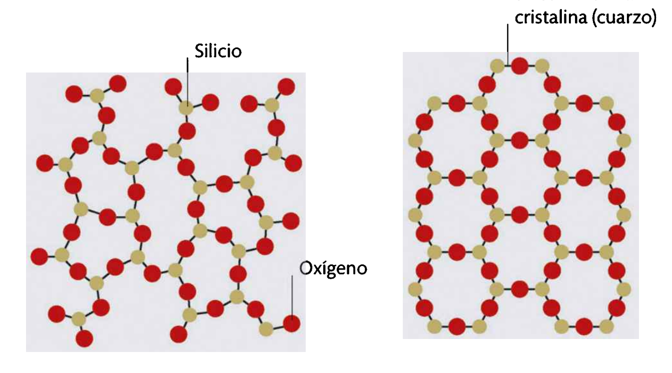
DAR FORMA AL PLÁSTICO

Vidrio y cerámica

El vidrio es duro, resistente a la corrosión y a menudo transparente y suele estar hecho de arena (dióxido de silicio). Pero el término *vidrio* también da nombre a un grupo mayor de materiales, todos ellos tipos de cerámica.

La estructura del vidrio

Los vidrios tienen estructuras amorfas, es decir, que hay poco o ningún orden en la colocación de sus moléculas (o átomos). A escala atómica, parecen líquidos inmóviles (ver pp. 16-17). Sin embargo, los vidrios son materiales sólidos. Suelen fabricarse fundiendo una sustancia y después enfriándola tan deprisa que sus átomos (o moléculas) no pueden ordenarse en su estructura habitual, ya sea cristalina o metálica. En lugar de ello, quedan atrapados en el sitio, tan desordenados como cuando eran un líquido.



Tipos de vidrio

Todos conocemos el vidrio como el material transparente y frágil de las ventanas, hecho a partir de dióxido de silicio. Pero se producen vidrios con una gran variedad de materiales: los metales pueden ser vidriosos y algunos polímeros, o plásticos, son técnicamente vidrios. Para cambiar sus propiedades, se les añaden otras sustancias, que pueden afectar al color o a la claridad, dotarlos de mayor resistencia al calor –como en el vidrio borosilicatado Pyrex– o hacerlos resistentes a los arañazos –como el Gorilla Glass usado en muchas pantallas de teléfonos inteligentes.

TRANSPARENTE

Los rayos de luz se dispersan

Los rayos de luz no hallan obstáculos

CRISTAL

VIDRIO

El vidrio es transparente porque la energía de la luz no iguala los niveles de energía posibles de sus electrones, y los fotones no se absorben. Además, el vidrio no tiene barreras cristalinas que dispersen la luz.

FRÁGIL

Se fractura sin deformarse

Los vidrios son frágiles, pues sus moléculas están fijas y no se deslizan unas junto a otras. Un fallo o rotura en su superficie se propaga rápidamente a través del material, y hace que las grietas se extiendan.

Propiedades del vidrio
La dureza, la resistencia a la corrosión y la baja reactividad del vidrio lo hacen apropiado para muchos productos, pero quizá su propiedad más útil es su transparencia, que permite usarlo en ventanas de edificios y vehículos.



Otras cerámicas

Los vidrios son un subgrupo de las cerámicas. El término *cerámica* se refiere popularmente a los productos hechos de arcilla, pero la definición científica incluye cualquier sólido no metálico al que se da forma y se endurece con calor. Las cerámicas pueden tener estructura cristalina o amorfa y pueden hacerse con casi cualquier elemento. Como el vidrio, suelen ser duras pero frágiles y poseen un punto de fusión alto. Esto las hace ideales para el aislamiento térmico y eléctrico, como el carburo de titanio cerámico, empleado en los escudos térmicos de los vehículos espaciales.


DIFÍCILES DE RAYAR


RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN


NO REACTIVAS


AISLANTES

¿FLUYE EL VIDRIO?

La idea de que el vidrio es un líquido que fluye muy despacio es falsa. Las ventanas muy antiguas son más gruesas en la parte inferior porque los cristales eran irregulares y se instalaban en esa posición para asegurar su estabilidad.

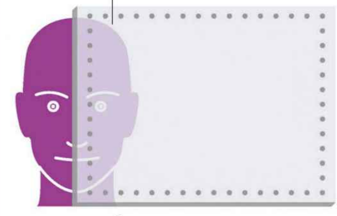


EL PRIMER **VIDRIO** SE FABRICÓ EN EGIPTO HACE **5000 AÑOS**

ALUMINIO TRANSPARENTE

El oxinitruro de aluminio, o aluminio transparente, es una cerámica superresistente y transparente. La mezcla en polvo se comprime, se calienta a 2000 °C y después se enfría para que sus moléculas permanezcan amorfas. Puede soportar numerosos impactos de balas antiblindaje y seguir siendo transparente. Su alto precio actual conlleva que solo tenga usos militares muy especializados, pero en el futuro se usará más.

La resistencia y la claridad de esta cerámica la hace ideal para las ventanillas de los vehículos blindados



CERÁMICA TRANSPARENTE

Materiales asombrosos

Algunos de los materiales que usamos tienen propiedades asombrosas: superresistencia o una increíble ligereza. Muchos son sintéticos, pero otros son naturales. Algunos materiales sintéticos se han inspirado en la naturaleza, un proceso llamado biomímesis.

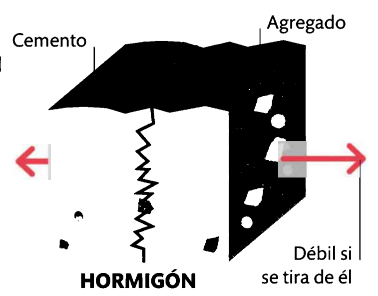
¿SON SINTÉTICOS TODOS LOS MATERIALES COMPUESTOS?

No; la madera y el hueso son materiales compuestos naturales. El hueso está compuesto de la frágil hidroxiapatita y del blando y flexible colágeno.

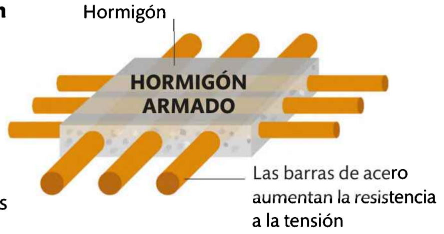
Materiales compuestos

A veces, ningún material presenta las propiedades adecuadas para un determinado producto. A fin de resolver este problema, pueden combinarse dos o más materiales para obtener las mejores propiedades de cada uno. Estos materiales se denominan materiales compuestos. El hormigón es el material compuesto más común, pero el bahareque, que se usaba para cubrir paredes hace 6000 años, es un ejemplo más antiguo: estaba hecho de paja o ramas y fango. Hoy se usan nuevas materias y técnicas para crear materiales compuestos más avanzados.

Resistencias relativas
El hormigón es un material compuesto hecho de agregado de piedra en una matriz de cemento. En la construcción de edificios, el hormigón, que es resistente bajo presión pero débil bajo tensión, no puede usarse solo.



Resistente a la tensión
En la construcción, el hormigón se refuerza con barras de acero, que soportan mucha tensión. Combinados, forman el hormigón armado, uno de los materiales más versátiles de la actualidad.



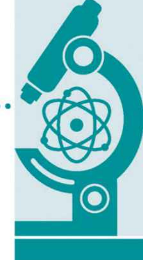
Materiales compuestos avanzados
Entre los materiales compuestos de alta tecnología hay polímeros reforzados en los que se teje fibra de carbono o de vidrio, se comprime entre capas de otro polímero y se mezcla con resina mientras aún está líquido. Ambos materiales son fuertes y ligeros, aunque también son caros.

Capa externa de resina epoxi, que se endurece con la presión o con calor

Primera capa de fuertes fibras, como carbono o vidrio

La segunda capa de fuertes fibras va en una dirección distinta a la primera, aumentando la resistencia del conjunto

Interior de plástico para aislar y absorber el choque

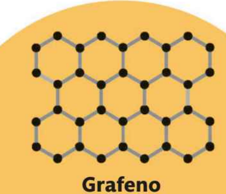




Seda de araña
La producción masiva de seda de araña podría generar nuevos materiales antibalas. Es resistente como el acero pero mucho más ligera, y es elástica, por lo que no se rompe.



Aerogel
Al sustituir el líquido de un gel por un gas, se pueden fabricar sólidos superligeros. Los aerogeles –que son aire en un 98 por ciento– son muy buenos aislantes.



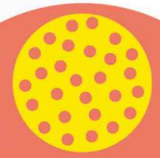
Grafeno
El grafeno, hecho de láminas de grafito de un átomo de espesor, es más resistente que el acero, un buen conductor eléctrico, transparente, flexible y muy ligero.

Propiedades asombrosas

Algunos materiales, naturales o sintéticos, tienen propiedades increíbles, como el Kevlar –flexible pero a prueba de balas– o plásticos que pueden repararse solos. Estos materiales hacen nuestra vida más segura y fácil. Por ejemplo, los huesos crecen a través de los nuevos implantes de espuma metálica, integrándolos así en el cuerpo. Y las ventanas superhidrófobas eliminan la necesidad de la peligrosa limpieza de cristales de altura.



Plástico autorreparante
Los plásticos autorreparantes tienen cápsulas que se abren al sufrir un daño: los líquidos que contienen reaccionan y se solidifican para reparar cualquier agujero.



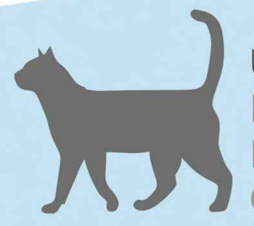
Espuma metálica
Al inyectar burbujas de gas en metal fundido se crean espumas. Estas son ligeras pero conservan las propiedades del metal.



Kevlar
Las fibras de Kevlar, un plástico superresistente, pueden tejerse para hacer ropa o añadirse a un polímero para formar un material compuesto.



Material superhidrófobo
Las superficies de los materiales hidrófobos están cubiertas de diminutas protuberancias que mantienen alejadas las gotas de agua y evitan mojarse.



UNA LÁMINA DE GRAFENO PUEDE SOSTENER UN GATO DE 4 KG, PERO PESA MENOS QUE UNO DE SUS BIGOTES



ENERGÍA
Y FUERZAS

¿Qué es la energía?

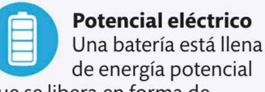
Los físicos entienden el universo en términos de materia y energía en el espacio y el tiempo. Existen muchas formas de energía y pueden cambiar de una forma a otra. Cuando se usa una fuerza para mover un objeto, decimos que se ha realizado un trabajo sobre ese objeto.

Tipos de energía

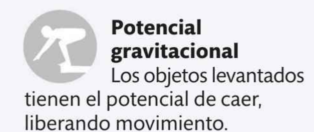
La energía está en todas partes, es indestructible y ha existido desde el principio del tiempo. Sin embargo, para hacer las cosas más simples de entender y de medir, los científicos categorizan la energía en distintas formas. Cada fenómeno natural o proceso artificial realizado por máquinas y tecnología tiene lugar porque una forma de energía lo hace funcionar y, al hacerlo, se convierte en otra forma de energía.

ENERGÍA POTENCIAL
Es energía almacenada que no hace ningún trabajo pero que puede convertirse en energía útil de algún tipo.

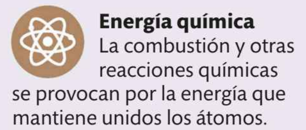
Potencial elástico
Los materiales estirados o aplastados liberan energía potencial al volver a su forma original.



Potencial eléctrico
Una batería está llena de energía potencial que se libera en forma de corriente eléctrica.



Potencial gravitacional
Los objetos levantados tienen el potencial de caer, liberando movimiento.



Energía química
La combustión y otras reacciones químicas se provocan por la energía que mantiene unidos los átomos.



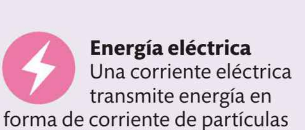
Energía radiante
La luz y otros tipos de radiación son energía en forma de cambiantes campos electromagnéticos.



Energía acústica
La energía que viaja en una onda de sonido aprieta y estira el aire (u otro medio).



Energía nuclear
La radiactividad y las explosiones nucleares usan la energía que mantiene unido el núcleo de los átomos.



Energía eléctrica
Una corriente eléctrica transmite energía en forma de corriente de partículas con carga; en general, electrones.

Energía térmica
El movimiento de los átomos, que vibran, es la energía térmica o calorífica. Los átomos «calientes» vibran más.

Energía cinética
Todo lo que se mueve, ya sean electrones o galaxias, tiene energía cinética, o energía de movimiento.

Emisión química
Si movemos una carga pesada, se produce una cadena de transformación de la energía. Primero, el cuerpo convierte la energía química almacenada en la comida en energía cinética.

La energía cinética se transfiere a la carreta hasta que esta alcanza una velocidad constante

LA ENERGÍA GRAVITACIONAL POTENCIAL AUMENTA

Conservación de la energía

La cantidad de energía del universo es siempre la misma. La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, cambia de una forma a otra. La transformación de la energía es lo que impulsa todos los procesos que vemos. La energía también se dispersa o se hace más desordenada y menos «útil». De modo que cada proceso siempre pierde energía, a menudo en forma de calor. Por eso hace falta una fuente de energía para mantener estos procesos activos.

1 En marcha
La energía cinética del cuerpo se transfiere a la carretilla. La energía se usa para superar la fricción y hacer que la carretilla se mueva. El cuerpo se calienta porque parte de su energía se convierte en calor inútil.



¿CUÁNTA ENERGÍA TIENE UNA TABLETA DE CHOCOLATE?

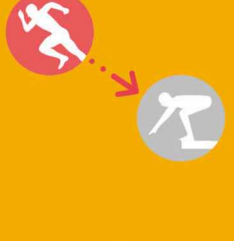
Una tableta de chocolate con leche de 50 g contiene unas 250 calorías, la cantidad que necesita un cuerpo humano medio cada 2,5 horas.



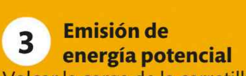
La energía gravitacional potencial comienza a convertirse en energía cinética

La energía química potencial almacenada en el cuerpo ha disminuido

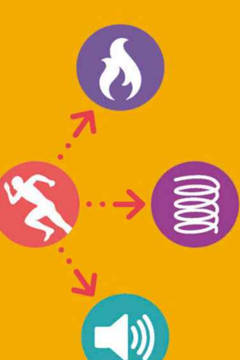
2 Subir
La fuerza aplicada por el hombre va en contra del tirón gravitacional de la carretilla. A medida que el hombre asciende la rampa, su energía cinética se convierte en energía gravitacional potencial en su cuerpo y en la carretilla.



Cuando cae un ladrillo, su energía cinética aumenta y su energía gravitacional potencial decrece

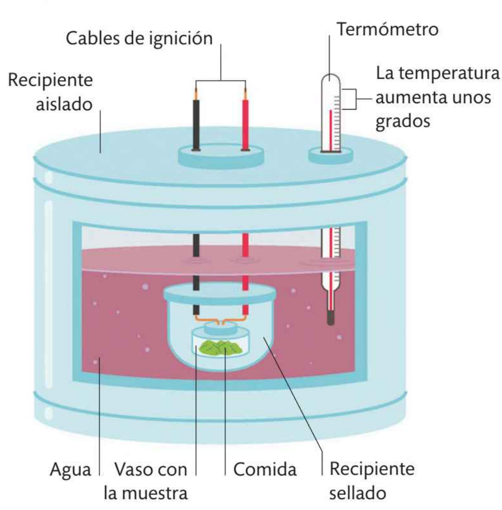


3 Emisión de energía potencial
Volcar la carga de la carretilla convierte su energía potencial en energía cinética. Al impactar con el suelo, la energía cinética se convierte en calor, sonido y energía elástica, que puede hacer que el ladrillo rebote.



Medir la energía

La energía se mide en unidades llamadas julios (J). Un julio es la energía necesaria para levantar 1 metro unos 100 gramos. La energía de la comida se mide en calorías, que provienen del calor que produce la comida al quemarse en un aparato llamado calorímetro.



Medir calorías
Cuando una porción de comida se quema, eleva la temperatura del agua. La subida de temperatura sirve para saber cuántas calorías hay en la comida.

POTENCIA

El índice de transformación de la energía se denomina potencia. La potencia se mide en vatios (W); 1 W es igual a 1 J/s. Un proceso de alta potencia usa energía más deprisa. Una bombilla de 100 W tiene la misma potencia (transforma la energía al mismo ritmo) que una mujer adulta.



Electricidad estática

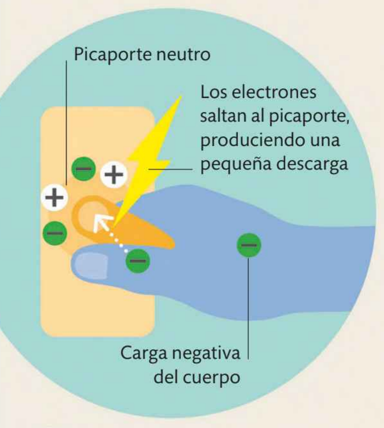
La forma más común de electricidad es la corriente que nos llega a casa, que es un fenómeno artificial. La mayoría de los fenómenos eléctricos naturales, como los rayos, se deben a la electricidad estática.

Sacudida eléctrica
La carga de electricidad estática acumulada en el cuerpo lo abandona a través de un conductor, como un objeto de metal, creando una sacudida inesperada y, a veces, un chispazo.

Excedente de electrones

El cuerpo obtiene una pequeña carga negativa

Pie y alfombra se frotan

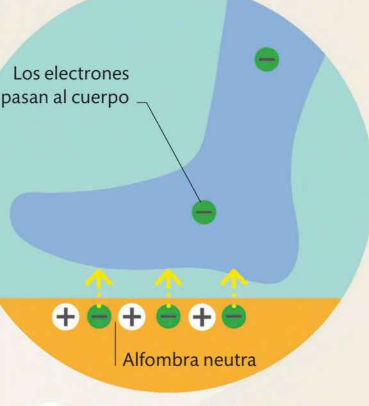


2 Descarga
La carga puede escapar a través del metal, por ejemplo un picaporte. Cuando la mano lo toca, el exceso de electrones del cuerpo salta al metal, produciendo una pequeña sacudida.

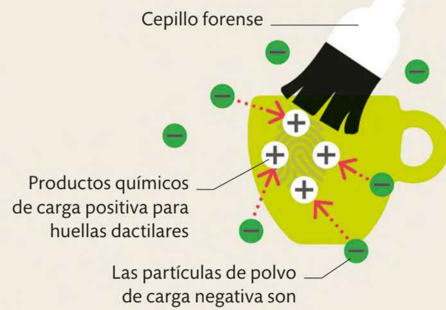


Electrostática

La electricidad está causada por una propiedad de la materia denominada carga. En cada átomo, los protones, de carga positiva, se mantienen en su sitio, mientras que los electrones, de carga negativa, son libres para moverse a otros objetos. Si un objeto adquiere un excedente de electrones, obtiene una carga negativa y atrae objetos de carga positiva, es decir, aquellos con un déficit de electrones. Esta fuerza también hace que los electrones se repelan unos a otros y, finalmente, encuentren un camino para escapar del objeto con carga, creando así una chispa.



1 Carga por fricción
Al frotar el pie en el tejido sintético de la alfombra, los electrones pasan del suelo al cuerpo, dotándolo de una pequeña carga negativa.



Buscar huellas dactilares
Los investigadores se valen de la electricidad estática para hallar huellas dactilares. Ponen polvo de carga negativa sobre las sustancias de carga positiva que quedan en las huellas.



Usar la electricidad estática

La electricidad estática se usa en muchas situaciones cotidianas, generalmente produciendo un pequeño y manejable campo de fuerza que atrae o repele otros materiales. Las cargas mayores son peligrosas pero tienen sus usos, como en los desfibriladores.



Acondicionador
El champú hace que el pelo adquiera carga eléctrica: los pelos se repelen entre sí. El acondicionador la neutraliza.



Desfibrilador
Un generador de electricidad estática acumula una gran carga y la dirige a un corazón que ha dejado de latir.



Film plástico
Al desenrollar un film plástico, le damos una pequeña carga eléctrica. Eso ayuda a que el film se adhiera a otros objetos.



Pistola de pintura
Las pistolas profesionales dan a la pintura una carga positiva para que la atraiga un objeto de carga negativa.



Libro electrónico
La pantalla atrae o repele esferas que contienen partículas de aceite con carga positiva (blancas) o negativa (negras).



Filtros de polvo
Las partículas nocivas del humo de una fábrica reciben una carga y se extraen con placas electrificadas.



CUANDO CAE UN RAYO

Un rayo es una gran descarga de electricidad estática. El aire es un mal conductor de electricidad, por lo que la carga de las nubes de tormenta no puede dispersarse y se acumula hasta enormes niveles. Finalmente, la descarga zigzaguea a través del aire buscando la ruta más fácil hasta el suelo.



DOCUMENTO ORIGINAL

El original se coloca hacia abajo

Placa de carga positiva

1 Luz
Una luz brillante brilla a través del original y se proyecta en una placa de carga positiva.

El patrón de carga es una imagen inversa del original

La carga negativa desaparece cuando la alcanza la luz

2 Descarga
La luz descarga la placa separada de las áreas de sombra del documento.

Tóner de carga negativa

3 Tóner negativo
El tóner es polvo con carga negativa que se pega a las regiones positivas de la placa.

4 Transferencia
El papel se presiona o se enrolla en la placa, transfiriendo así el tóner.

El papel se calienta para que el tóner se pegue

5 Copia final
Emerge una copia. La carga de la placa se puede mantener para producir más copias.

Fotocopiadoras
Una fotocopiadora recrea una imagen o un texto como un patrón invisible de carga estática. Después, ese patrón se usa para posicionar correctamente el tóner y producir una copia muy fiel.

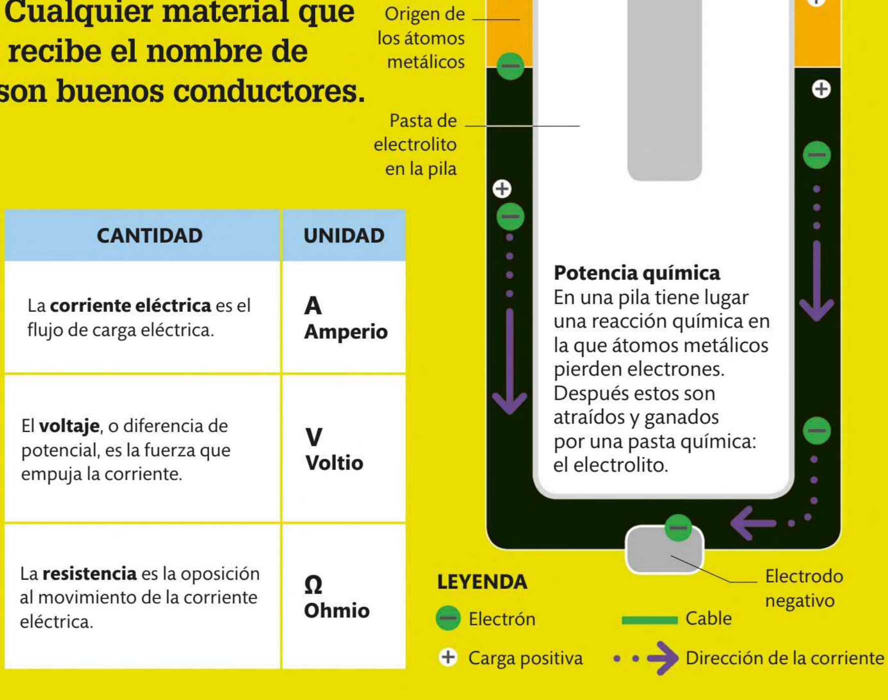
Corrientes eléctricas

Una corriente eléctrica es un flujo de carga. En los ejemplos cotidianos, la carga es impulsada por el movimiento de los electrones a través de metales como el cobre de los cables. Cualquier material que conduce bien la electricidad recibe el nombre de conductor. Los aislantes no son buenos conductores.

Crear una corriente

Una corriente eléctrica difiere de una carga estática –como un chispazo o un rayo (ver pp. 78-79)– en que la carga sigue moviéndose. Las partículas con carga se mueven porque una carga opuesta las atrae. Una chispa eléctrica se mueve debido a la diferencia de carga entre un lugar y otro. La chispa también elimina la diferencia de carga que la provocó. En una corriente, como la que genera una pila, la diferencia en carga eléctrica es lo que mantiene el flujo de corriente.

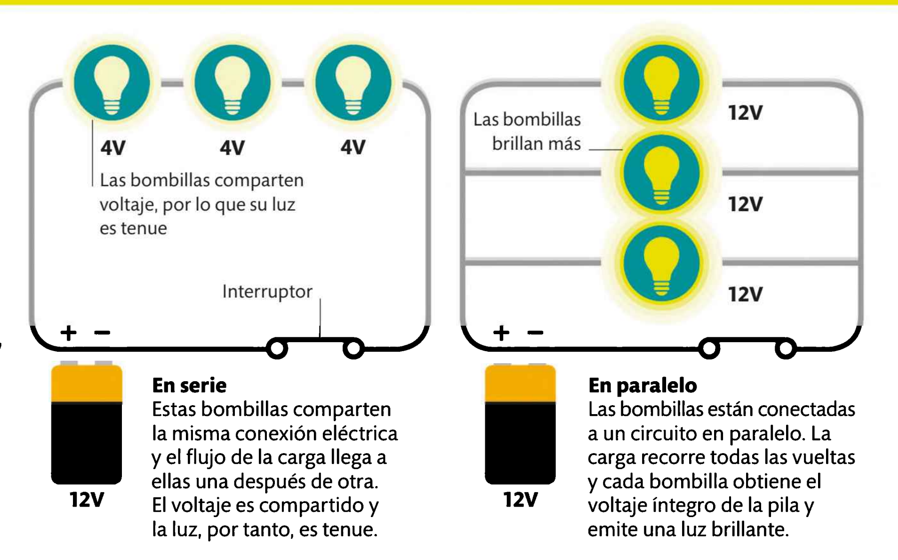
CANTIDAD	UNIDAD
La **corriente eléctrica** es el flujo de carga eléctrica.	**A Amperio**
El **voltaje**, o diferencia de potencial, es la fuerza que empuja la corriente.	**V Voltio**
La **resistencia** es la oposición al movimiento de la corriente eléctrica.	**Ω Ohmio**



Potencia química
En una pila tiene lugar una reacción química en la que átomos metálicos pierden electrones. Después estos son atraídos y ganados por una pasta química: el electrolito.

Circuitos

La energía de la corriente eléctrica puede aprovecharse. El flujo de electrones es parecido al agua que fluye cuesta abajo. Una rueda hidráulica puede aprovechar la energía del agua para impulsar una máquina. La electricidad, en lugar de fluir por un canal de agua, fluye por circuitos, para que bombillas, estufas o motores puedan aprovechar su energía. El modo en que la energía se dispersa por el circuito depende del diseño de este. Hay dos tipos principales de circuito: en serie y en paralelo.



En serie
Estas bombillas comparten la misma conexión eléctrica y el flujo de la carga llega a ellas una después de otra. El voltaje es compartido y la luz, por tanto, es tenue.

En paralelo
Las bombillas están conectadas a un circuito en paralelo. La carga recorre todas las vueltas y cada bombilla obtiene el voltaje íntegro de la pila y emite una luz brillante.



Más átomos metálicos adquieren carga positiva tras perder electrones

El electrolito gana electrones

La corriente se usa para encender una bombilla

Descarga
El metal y el electrolito deben estar separados por un aislante para que los electrones viajen en forma de corriente a través de los cables conectores.

Los electrones viajan por los cables en forma de corriente

Los electrones son empujados en la dirección opuesta

El electrolito pierde electrones

Fuente externa de alimentación

Recarga
Otra fuente de energía eléctrica genera una corriente en dirección opuesta a través de la pila para devolver los electrones a su lugar de origen.

El metal gana electrones

ELECTRONES LIBRES

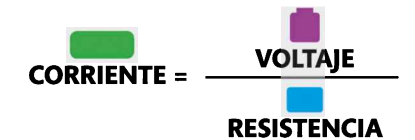
La mayoría de los metales, como el hierro, son buenos conductores porque los electrones de sus átomos pueden trasladarse a otros átomos. Si los electrones obtienen energía suficiente, se forma una corriente eléctrica. Los átomos de los aislantes –por ejemplo, de la goma– sujetan firmemente a sus electrones, por lo que es más difícil que formen corrientes.

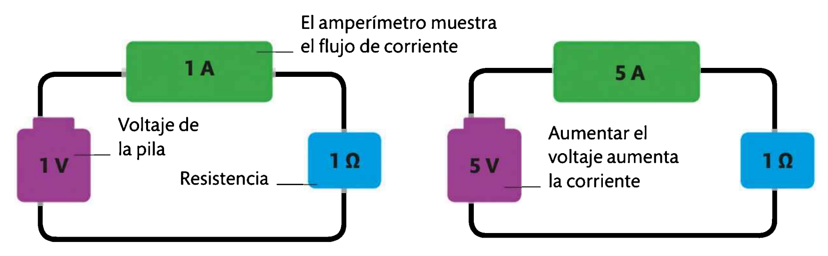
CONDUCTOR

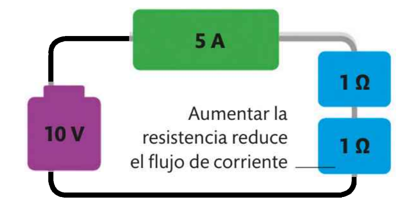
AISLANTE

Ley de Ohm

La relación entre voltaje, corriente y resistencia está contenida en la ley de Ohm. Su fórmula (a la derecha) sirve para calcular cuánta corriente pasa a través de un componente dependiendo del voltaje de la fuente de alimentación y de la resistencia de los elementos del circuito.







El ohmio
La resistencia se mide en ohmios (Ω). Una resistencia de 1 Ω permite el paso de una corriente de 1 A cuando se le aplica 1 V.

En proporción
La corriente es proporcional al voltaje. Si el voltaje aumenta, también lo hará la corriente, en tanto la resistencia no cambie.

Aumento de la resistencia
Aumentar la resistencia hace que el voltaje sea incapaz de impulsar tanta corriente. Aumentar el voltaje mantiene la corriente.

Fuerzas magnéticas

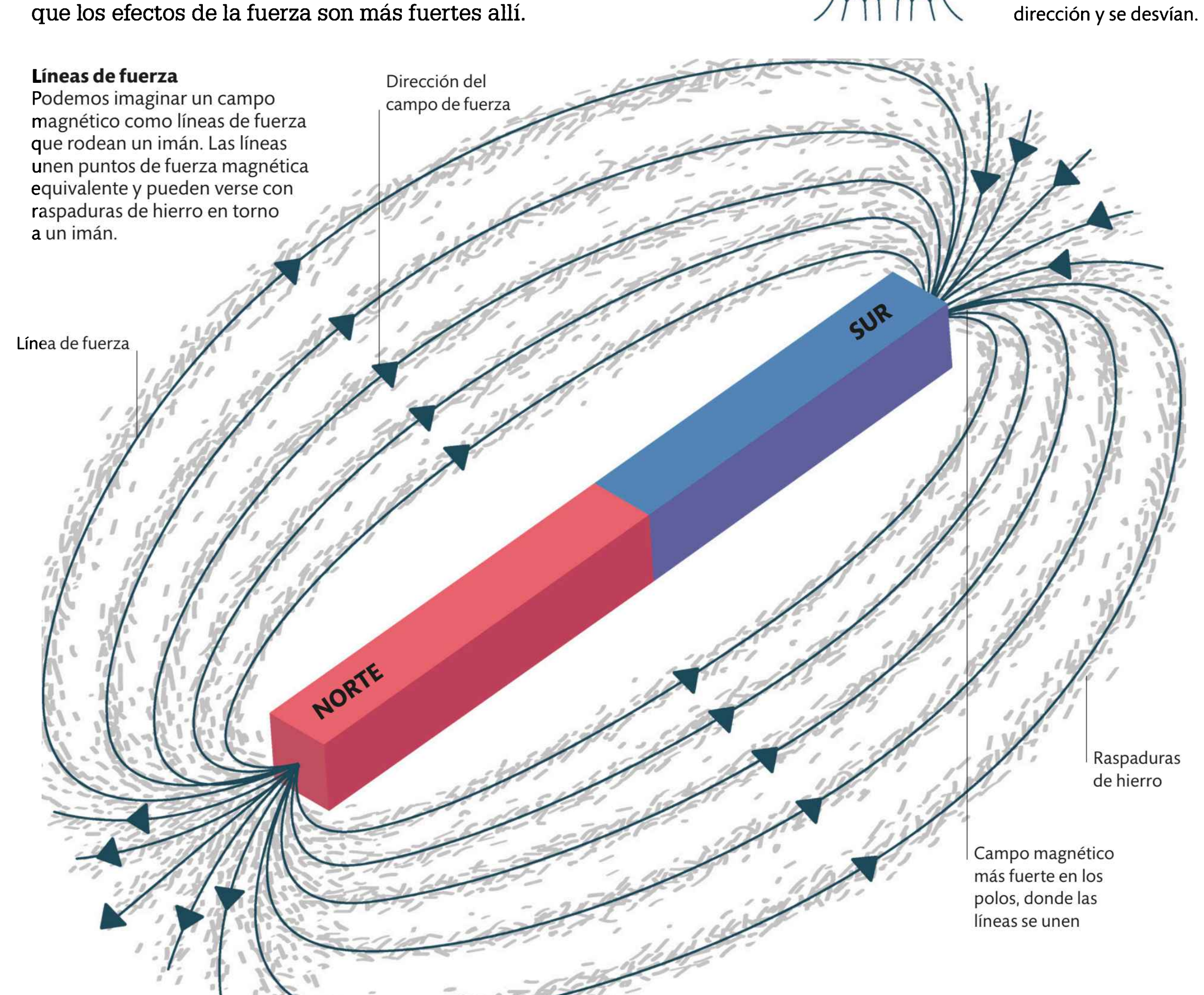
La fuerza magnética entre dos materiales es el resultado a gran escala del comportamiento de las partículas de estos a escala subatómica. Los imanes tienen una gran variedad de usos y son necesarios para muchos dispositivos.

Los polos opuestos se atraen
La fuerza del magnetismo sigue la regla de que «los opuestos se atraen». El polo norte de un imán atrae el polo sur de otro imán. Las fuerzas de atracción unen los imanes.

Los polos iguales se repelen
Dos polos magnéticos idénticos, por ejemplo un polo norte y un polo norte, se repelen. Las líneas de fuerza de ambos tienen la misma dirección y se desvían.

Campos magnéticos

Un imán está rodeado por un campo de fuerza que se extiende en todas direcciones y se reduce rápidamente con la distancia. El magnetismo tiene una dirección: el campo emerge del imán por un punto, llamado polo norte, y regresa por el polo sur. El campo es más denso en los polos, por lo que los efectos de la fuerza son más fuertes allí.

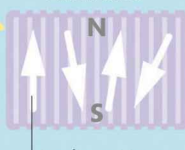


Tipos de magnetismo

Todos los átomos poseen pequeños campos magnéticos, normalmente orientados al azar, por lo que no producen un efecto conjunto. Si los átomos de una sustancia se alinean por un campo magnético exterior, sus campos magnéticos se acumulan y forman un solo campo magnético más grande.

	SIN CAMPO MAGNÉTICO	CAMPO MAGNÉTICO APLICADO	CAMPO MAGNÉTICO ELIMINADO
Materiales diamagnéticos Materiales como el cobre y el carbono generan un campo magnético que se opone a un campo exterior y repele los imanes.	Alineación arbitraria	La alineación se opone al campo exterior	La alineación se hace arbitraria de nuevo
Materiales paramagnéticos Los metales suelen ser paramagnéticos. Sus átomos se alinean exactamente con el campo exterior y son atraídos por un imán.	Alineación arbitraria	La alineación es la misma que la del campo exterior	La alienación se hace arbitraria de nuevo
Materiales ferromagnéticos Los átomos de hierro y de otros materiales se quedan alineados cuando desaparece el campo exterior, por lo que forman imanes permanentes.	Átomos ligeramente magnetizados; sin un magnetismo unificado	La alineación es la misma que la del campo exterior	Los átomos permanecen alineados





¿CUÁL ES EL IMÁN MÁS POTENTE?

Las magnetoestrellas –estrellas de neutrones giratorias– tienen campos magnéticos 1000 billones de veces más fuertes que el de la Tierra.

LOS ESCÁNERES IRM EMPLEAN UN **IMÁN ENFRIADO A –265 °C** PARA **MAGNETIZAR EL CUERPO** DURANTE UNA FRACCIÓN DE SEGUNDO

Electroimanes

El magnetismo de un electroimán lo genera una corriente eléctrica que rodea su núcleo de hierro. Esto hace que su campo magnético pueda activarse y desactivarse. Los electroimanes tienen muchos usos en los dispositivos modernos.



MOTOR ELÉCTRICO

Un motor eléctrico usa un electroimán para crear una fuerza opuesta a los polos de un imán permanente, creando así un movimiento circular.



DISCO DURO DE ORDENADOR

Los datos se almacenan en un disco duro en un patrón de zonas magnetizadas y desmagnetizadas. Un electroimán lee, escribe y borra ese código.

ALTAVOZ

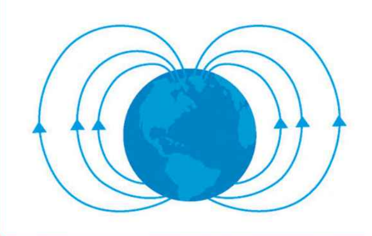
Un electroimán hace que el cono de un altavoz vibre, lo cual a su vez hace que vibre el aire y crea la onda de sonido que escuchamos.

FOGÓN DE INDUCCIÓN

Un potente electroimán crea un campo magnético fluctuante dentro de la estructura metálica de una olla, que se calienta.

MAGNETISMO TERRESTRE

El hierro líquido del núcleo externo de la Tierra genera un fuerte campo magnético. Las brújulas señalan al norte porque sus agujas se alinean con ese campo magnético. Este llega hasta el espacio y forma un escudo contra el viento solar (gas caliente y electrificado producido por el Sol).

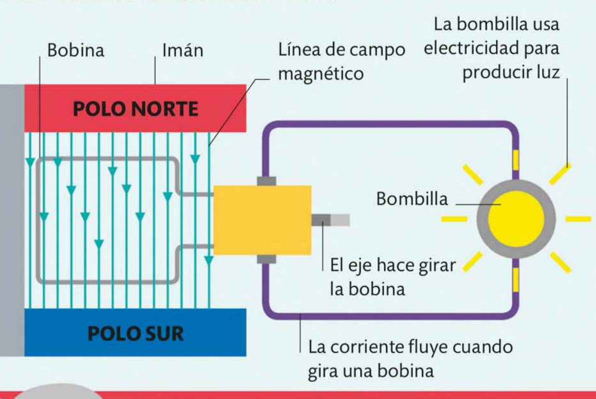


Generar electricidad

La electricidad es una fuente de energía muy útil. Puede distribuirse para su uso muy lejos de donde se produce y proporciona energía para todo tipo de dispositivos, desde ordenadores hasta automóviles.

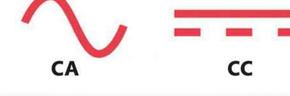
Inducir una corriente

Un generador eléctrico utiliza un proceso de inducción para generar electricidad. Al mover un cable a través de un campo magnético, en su interior se producen un voltaje y una corriente. La energía cinética del cable se transforma en energía eléctrica haciendo que lo atraviese una corriente. Un simple generador se encarga de esto haciendo girar una bobina de cable muy deprisa entre los polos de un poderoso imán.



ALTERNA Y CONTINUA

Cada vez que la bobina atraviesa el campo magnético, la dirección de la corriente en su interior cambia. A esto se lo llama corriente alterna (CA). Las centrales eléctricas producen CA, pues los transformadores (ver abajo) la necesitan para inducir corriente en la bobina secundaria. En la corriente continua (CC), la conexión de la bobina con el circuito se activa a cada vuelta para que la carga se mueva en una sola dirección.



Centrales termoeléctricas

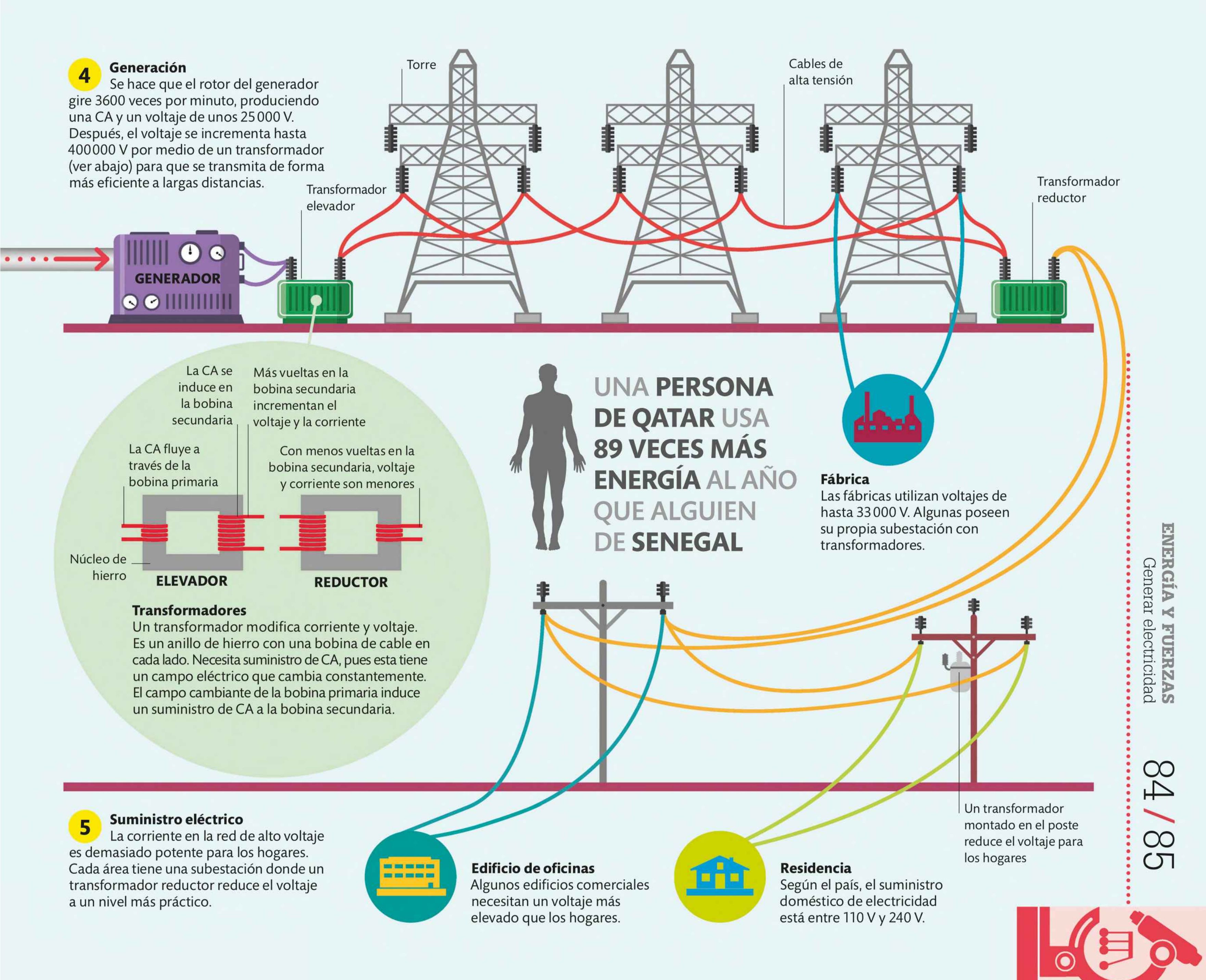
La tarea de una central termoeléctrica es aprovechar una fuente de energía calorífica para hacer girar el rotor de un generador. Convierte el calor emitido por la quema de combustible en energía rotacional por medio de una turbina de vapor. Las centrales nucleares usan vapor generado por la fisión de átomos.



1 Uso de combustible
Los combustibles son sustancias que liberan grandes cantidades de calor al quemarse, como el carbón, el gas natural y el petróleo. Las centrales eléctricas también queman madera, turba o basura.

2 Horno
El agua fluye por los tubos hasta el horno y hierve por el calor del combustible quemado. Esto genera vapor de alta presión que se dirige a una turbina.

3 Turbina
La corriente de vapor fluye a través de una turbina y hace girar las palas. La presión del vapor se convierte en energía cinética y se transmite al generador.



4 Generación
Se hace que el rotor del generador gire 3600 veces por minuto, produciendo una CA y un voltaje de unos 25 000 V. Después, el voltaje se incrementa hasta 400 000 V por medio de un transformador (ver abajo) para que se transmita de forma más eficiente a largas distancias.

Transformadores
Un transformador modifica corriente y voltaje. Es un anillo de hierro con una bobina de cable en cada lado. Necesita suministro de CA, pues esta tiene un campo eléctrico que cambia constantemente. El campo cambiante de la bobina primaria induce un suministro de CA a la bobina secundaria.

UNA PERSONA DE QATAR USA 89 VECES MÁS ENERGÍA AL AÑO QUE ALGUIEN DE SENEGAL

Fábrica
Las fábricas utilizan voltajes de hasta 33 000 V. Algunas poseen su propia subestación con transformadores.

5 Suministro eléctrico
La corriente en la red de alto voltaje es demasiado potente para los hogares. Cada área tiene una subestación donde un transformador reductor reduce el voltaje a un nivel más práctico.

Edificio de oficinas
Algunos edificios comerciales necesitan un voltaje más elevado que los hogares.

Residencia
Según el país, el suministro doméstico de electricidad está entre 110 V y 240 V.

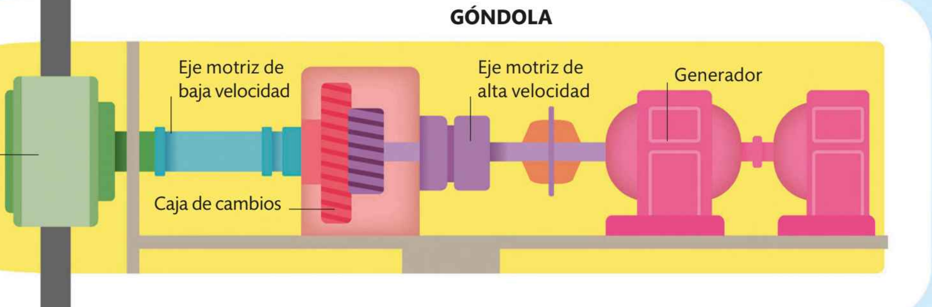
VIENTO

Energías alternativas

Los sistemas de energías alternativas usan otras fuentes de energía, como el movimiento natural del aire o del agua y el calor de la Tierra o del Sol, en lugar de combustibles fósiles. Esto los hace menos nocivos para el medio ambiente.

Energía eólica

El viento es el movimiento del aire de una región de alta presión a una de baja presión. Esta diferencia de presión se debe a que el Sol calienta la atmósfera de manera irregular. El flujo de aire puede aprovecharse como fuente de energía mediante turbinas eólicas.



1 Palas Las palas curvas funcionan a la inversa de un propulsor. Su diseño es muy preciso para transformar el movimiento lineal del aire en fuerza rotacional.

2 Cambiar de marcha Las hélices giran despacio unas 15 veces por minuto, para producir energía con eficiencia. La caja de cambios aumenta la rotación del eje hasta unas 1800 rpm.

3 Generador El generador convierte el movimiento rotacional del eje en energía. El generador también puede usarse como un motor de arranque: pasar electricidad en la dirección opuesta hace que las palas roten con vientos flojos.

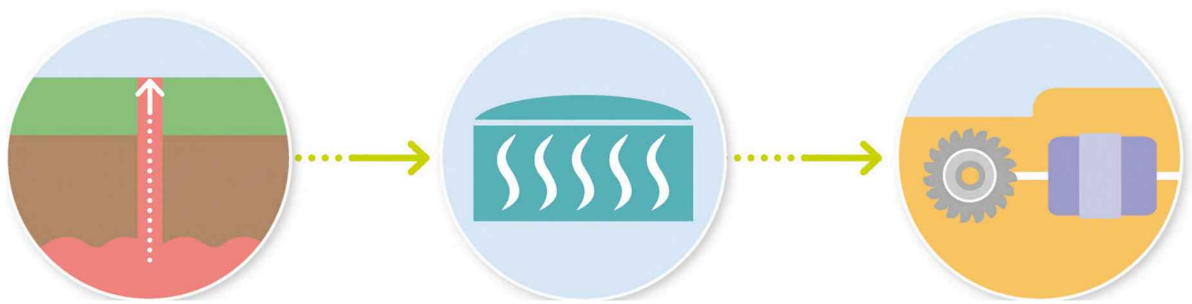
¿PODREMOS ABANDONAR LOS COMBUSTIBLES FÓSILES?

Las energías alternativas son suficientes para cubrir nuestras necesidades, pero tenemos que desarrollar formas de almacenar electricidad para prescindir de todos los combustibles fósiles.

HIDROELECTRICIDAD

Un problema de los sistemas alternativos es encontrar una fuente de energía fiable. Las centrales hidroeléctricas aprovechan el caudal de los ríos y producen dos tercios de toda la energía alternativa y casi una quinta parte de toda la producción de energía.
La energía potencial del agua se transforma en energía cinética, que se usa para impulsar una turbina en la presa y generar electricidad.

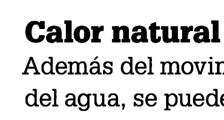




2 Agua saliente
El calor volcánico calienta el agua a más de 100 °C. La mayoría permanece en forma líquida debido a las condiciones de alta presión, por lo que una mezcla de agua caliente y vapor sale a la superficie.

3 Producir vapor
El vapor se separa del agua para crear un flujo de alta presión que se dirige a la turbina. Toda el agua que llega a la superficie va a las torres de enfriamiento.

4 Generador
El vapor a alta presión hace girar las palas de la turbina, como en una central térmica normal. Esa energía cinética rotacional se transmite al generador para producir electricidad.

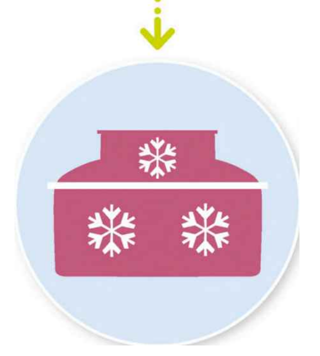


Calor natural

Además del movimiento del aire y del agua, se pueden usar fuentes naturales de calor para producir electricidad. Las centrales térmicas solares tienen filas de espejos dispuestos para concentrar la luz solar y usarla para hervir agua y así impulsar una turbina. Las centrales geotérmicas se hallan en regiones volcánicas en las que el calor del interior de la Tierra está bastante cerca de la superficie y puede usarse como fuente de energía.



1 Agua entrante
Se bombea agua fría a alta presión en un pozo de perforación en un depósito natural de agua subterránea, a veces a 2000 m o más bajo la superficie terrestre.



5 Torre de enfriamiento
Se deja que el vapor se enfríe y vuelva a condensarse dentro de grandes torres de enfriamiento. Una vez enfriada, el agua está lista para inyectarse bajo tierra una vez más para que el ciclo comience de nuevo.

Biocombustibles

Los biocombustibles contaminan menos que los combustibles fósiles. Se producen alterando químicamente materias primas que han crecido como seres vivos. Hay varias fuentes, como grano, madera y algas. El grano y la madera son problemáticos para el medio ambiente, pero se espera que las algas permitan obtener combustibles de bajo coste y baja polución, aunque su desarrollo está aún en una fase temprana.

FUENTE







Tratamiento previo
El procesamiento comienza al descomponer físicamente las materias primas en materiales homogéneos y deshaciéndose de los contaminantes no deseados.

Azucarización
Se usan tratamientos químicos para descomponer las complejas moléculas de los materiales iniciales en moléculas más pequeñas y útiles, como azúcares.

Fermentación
Al igual que en la producción de bebidas alcohólicas, los azúcares se convierten en etanol y otras sustancias inflamables que pueden usarse como combustibles.

PRODUCTO







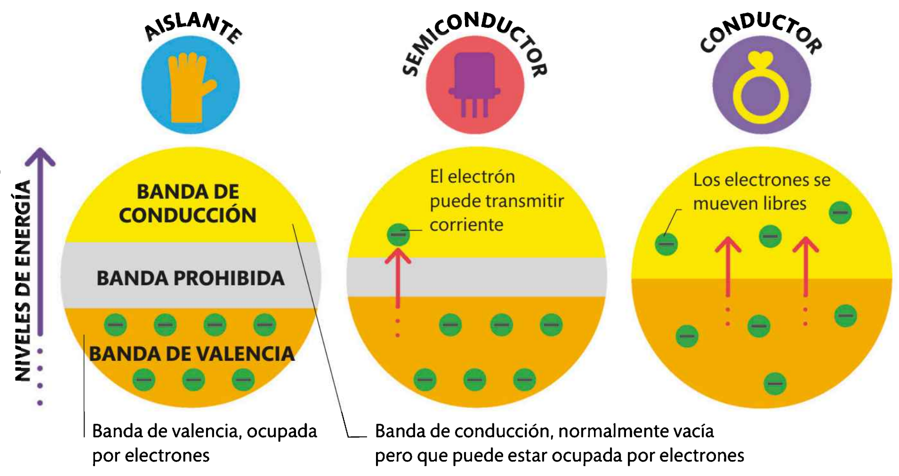


La electrónica

La electrónica es la tecnología de los componentes eléctricos y de su uso en circuitos. La mayoría de esos componentes no tienen piezas móviles, como los transistores, que se usan para controlar el flujo de electricidad.

Semiconductores

Los conductores tienen electrones libres que pueden transmitir una corriente (ver p. 81). Los aislantes tienen una gran barrera energética, o banda prohibida, que impide que los electrones fluyan y haya corriente. Los semiconductores, como el silicio, tienen una pequeña banda prohibida, y pueden pasar de ser un aislante que bloquea la electricidad a convertirse en un conductor que la transmite.

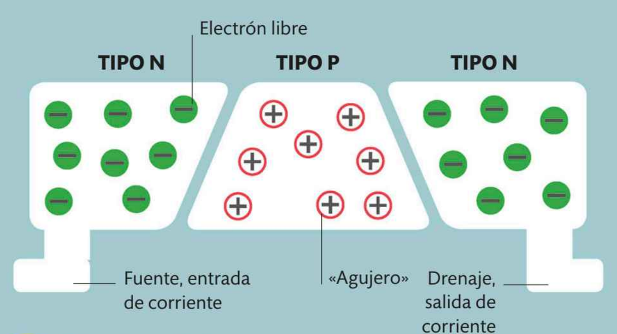


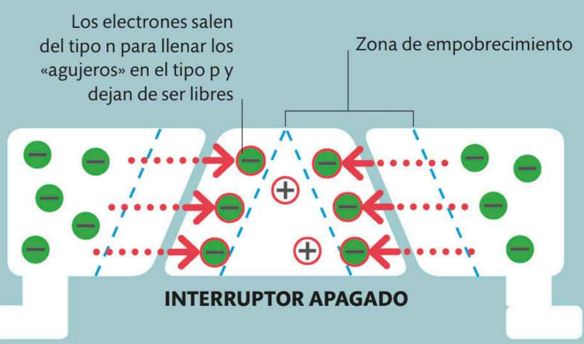
Dentro de un transistor

El cerebro de un ordenador está hecho de circuitos electrónicos en un chip. Estos circuitos siguen un conjunto de instrucciones: el programa. A finales de la década de 1940, se inventó el transistor, un dispositivo semiconductor que reemplazó los primeros dispositivos electrónicos de válvulas de vacío, que podían ser poco fiables.
Un transistor está hecho de cristales de silicio «dopados», a los que se les han añadido otras sustancias para alterar sus propiedades eléctricas. El resultado es un dispositivo que controla con mucha precisión el flujo de una corriente eléctrica.



EL **TAMAÑO MÍNIMO** ESTIMADO DE UN TRANSISTOR ES EL DE **2 MOLÉCULAS DE AZÚCAR**





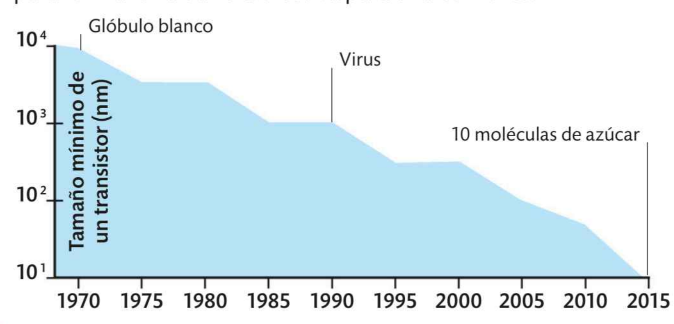
1 Estructura básica
Un transistor está hecho de un semiconductor de tipo p entre dos semiconductores de tipo n. El tipo n tiene un excedente de electrones y carga negativa. El tipo p tiene «agujeros» que actúan como un exceso de carga positiva.

2 Zona de empobrecimiento
Los electrones de las regiones de tipo n son empujados a las de tipo p por su carga positiva. Esto crea zonas de empobrecimiento donde no hay electrones libres que puedan transmitir una corriente. En esta etapa, no puede fluir corriente y el transistor está apagado.



LEY DE MOORE

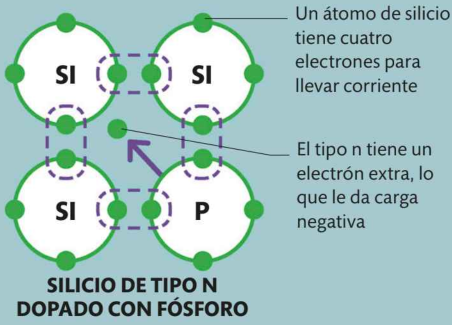
En 1965, Gordon Moore, cofundador de Intel Electronics, predijo que los transistores se reducirían a la mitad de tamaño cada dos años. De momento, la ley de Moore se ha cumplido. Hoy en día, los transistores estándar tienen una longitud de base de 14 nanómetros. Este tamaño puede reducirse aún más, pero la tecnología electrónica alcanzará su límite en la próxima década, pues el tamaño de la base se está haciendo demasiado pequeño para formar una barrera efectiva para una corriente.

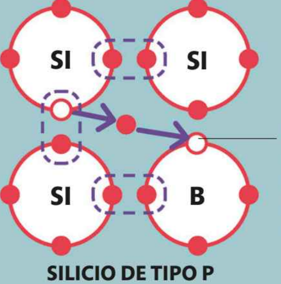


¿DE DÓNDE VIENE EL SILICIO?

El silicio es el segundo elemento más común en la corteza terrestre. Se refina quemando arena, que contiene silicio, mezclada con hierro fundido.

Dopar silicio
El propósito de dopar el silicio es incrementar o reducir su número de electrones. Añadir átomos de fósforo introduce un electrón extra, mientras que añadir boro elimina un electrón, creando en el cristal un espacio vacío, o «agujero».





BASE

El tercer contacto eléctrico aplica carga positiva al tipo p

Electrones en el tipo p atraídos hacia la base

Los electrones fluyen de la fuente al drenaje

Las zonas de empobrecimiento se reducen

Fuente, entrada de corriente

INTERRUPTOR ENCENDIDO

Drenaje, salida de corriente

3 Aplicar carga
Un transistor, además de tener una fuente y un drenaje por los que la corriente entra y sale, posee un tercer contacto eléctrico llamado base, que aplica una carga positiva a la sección de tipo p. Al encenderse, la base atrae a los electrones a las zonas de empobrecimiento.

4 Corriente en movimiento
La base crea una zona de electrones libres que atraviesa el transistor, reduciendo las zonas de empobrecimiento para que pueda pasar una corriente eléctrica. En este estado, el transistor está encendido. Si la base está apagada, los electrones se detienen y el transistor se apaga de nuevo.

Microchips

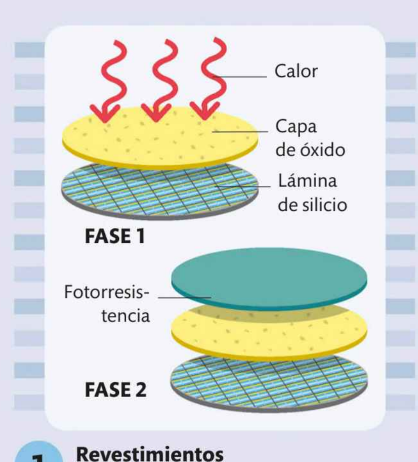
Un microchip es un componente que encontramos en todo tipo de objetos, desde teléfonos hasta tostadoras. Fabricar un microchip conlleva montar componentes electrónicos diminutos en una pieza de silicio puro.

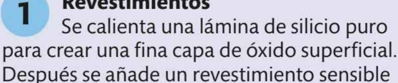
Fabricar un microchip

Un microchip es un circuito integrado en el que todos los componentes y las conexiones eléctricas entre ellos se encuentran en una sola pieza de material. Los circuitos de un microchip se graban en la superficie de silicio. Los diminutos cables se hacen de cobre y de otros metales, y los transistores y otros componentes electrónicos se hacen dopando el silicio (ver pp. 88-89) y añadiendo otros semiconductores.

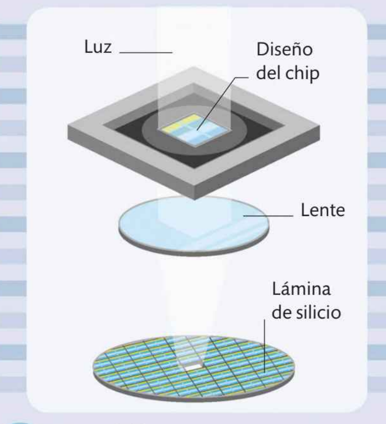
¿QUÉ ES EL MICROCHIP QUE LLEVAN NUESTRAS MASCOTAS?

Es un microchip que contiene un pequeño transmisor de radio y se inserta bajo la piel del animal. Cuando se pasa el lector cerca, aparece un código único que se enlaza con los datos del dueño.

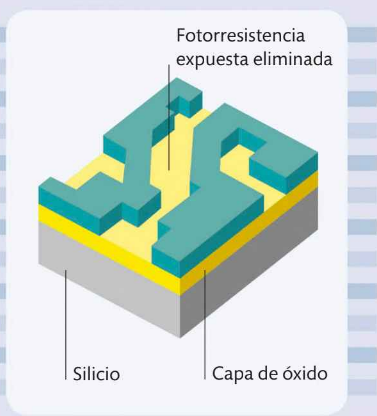




1 Revestimientos
Se calienta una lámina de silicio puro para crear una fina capa de óxido superficial. Después se añade un revestimiento sensible a la luz llamado fotorresistencia.



2 Exposición
Se imprime un gran negativo del chip en un material transparente. Después, se enfoca el diseño en la fotorresistencia con luz. En cada lámina de silicio caben muchos chips idénticos.

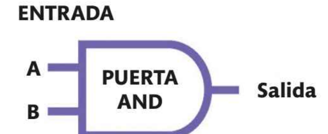


3 Desarrollo
Las zonas del silicio que se exponen a la luz se eliminan y dejan a la vista la capa de óxido que hay debajo. Algunas partes del diseño tienen solo unos átomos de ancho.

Usar la lógica

Para tomar decisiones, un circuito integrado usa combinaciones de transistores y diodos que forman puertas lógicas. Una puerta lógica compara corrientes eléctricas entrantes y envía una corriente en función de una lógica matemática llamada álgebra booleana, conjunto de operaciones en las que la respuesta es siempre «verdadero» o «falso», que se representan con un 1 o un 0.

Puerta AND
Este componente tiene dos entradas. Solo se enciende (salida en 1) si ambas entradas están en 1.



Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

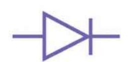
Puerta OR
Una puerta OR es lo contrario de una puerta AND: siempre tiene una salida de 1 a no ser que las dos entradas sean 0.

ENTRADA
A
B
PUERTA OR
SALIDA

Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Los componentes electrónicos se identifican con símbolos específicos. Los diseñadores de chips los usan para crear nuevos circuitos integrados. Los chips modernos tienen miles de millones de componentes, por lo que los seres humanos hacen el diseño del chip y un ordenador lo convierte en un circuito de puertas lógicas. Se necesitan más de mil personas para crear y probar un nuevo diseño de chip.



Diodo
Un canal de un solo sentido que permite que solo pase corriente en una dirección



led (diodo emisor de luz)
Usa un semiconductor para que los electrones liberen luz coloreada



Fotodiodo
Genera corriente solo cuando brilla una luz sobre él



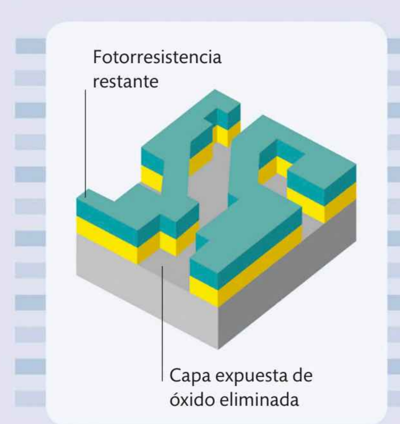
Transistor NPN
Se enciende cuando se aplica corriente a la base



Transistor PNP
Se enciende cuando no hay corriente en la base

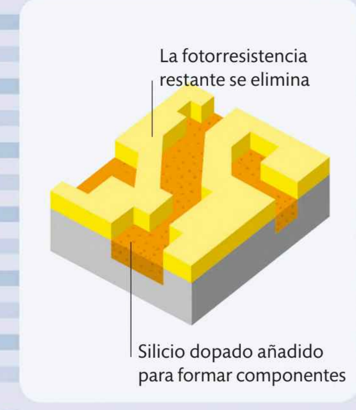


Condensador
Almacena carga, que puede ser liberada después en el circuito

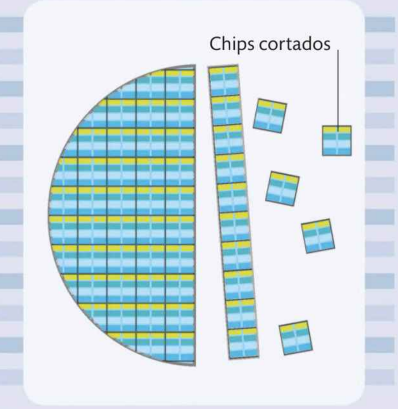




4 Grabado
Se usan sustancias químicas para eliminar las partes expuestas de la capa de óxido, labrando precisos canales en la superficie de silicio.



5 Dopaje
El silicio se dopa para dotarlo de propiedades útiles y los canales se llenan con precisas mezclas de sustancias para crear componentes.



6 Cortar y montar
Los chips se cortan y se les da una capa protectora de plástico o vidrio. Al montarlos en un circuito impreso, estarán conectados a otros chips y a una fuente de alimentación.

Puerta NOT
Esta puerta lógica cambia la entrada y por eso su salida es siempre lo contrario de la entrada.

ENTRADA



Entrada	Salida
0	1
1	0

Puerta XOR
Una puerta exclusiva OR, o XOR, detecta la diferencia de entradas y siempre tiene salida de 0 si las entradas son iguales.

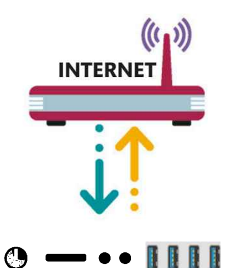
SALIDA



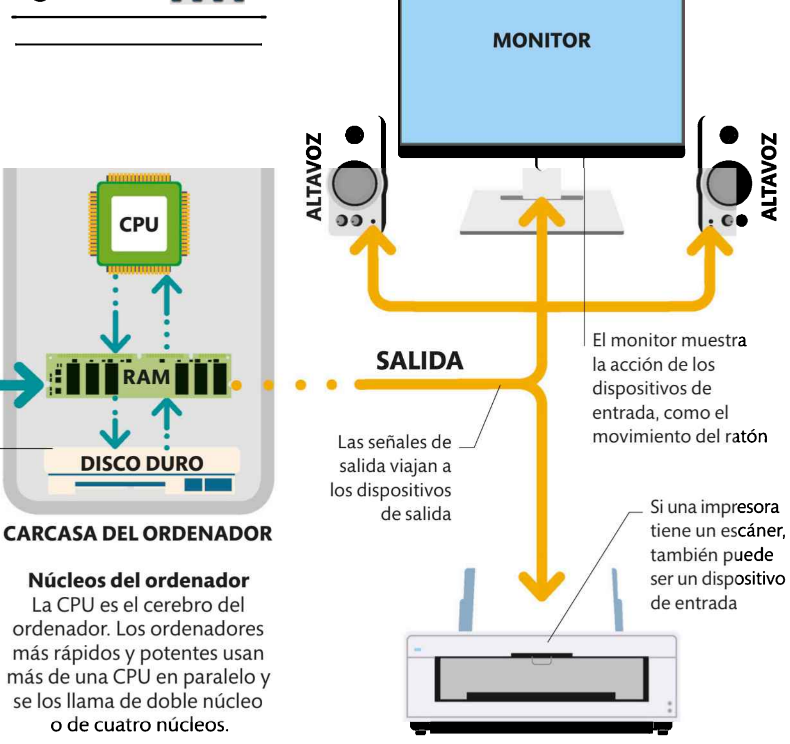
Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

CIENTOS DE MILLONES DE **TRANSISTORES** CABRÍAN EN LA CABEZA DE UN **ALFILER**

Elementos básicos del ordenador
Los dispositivos de entrada más comunes son el ratón, el teclado y el micrófono, que convierten la actividad del usuario en secuencias de números que se envían a la memoria de acceso aleatorio (RAM). Después, los datos de entrada se envían a la unidad central de procesamiento (CPU), donde se realizan cálculos sobre ellos para generar datos de salida. Estos pueden almacenarse en el disco duro para usarlos más tarde o bien enviarse a un dispositivo externo, por ejemplo como señal acústica o como las letras que aparecen en la pantalla al teclear.



Internet
Los datos y las instrucciones a los que se acceden en internet pueden usarse como datos de entrada para un ordenador. Este también puede enviar datos a internet y un usuario puede almacenar sus datos en internet o «en la nube».



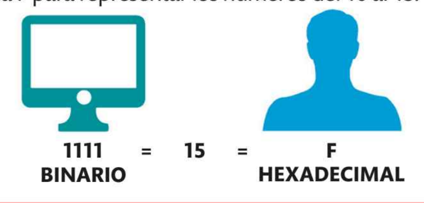
Núcleos del ordenador
La CPU es el cerebro del ordenador. Los ordenadores más rápidos y potentes usan más de una CPU en paralelo y se los llama de doble núcleo o de cuatro núcleos.

Cómo funciona un ordenador

En su forma más simple, un ordenador es un dispositivo que toma una señal de entrada y la transforma en una señal de salida según un conjunto de reglas preprogramadas. La verdadera ventaja de este sistema es que puede realizar cálculos de forma más rápida y precisa que un ser humano.

CÓDIGOS INFORMÁTICOS

Una CPU maneja datos usando solo ceros y unos en secuencias de 8, 16, 32 y 64. Los seres humanos solemos simplificar el largo código binario en hexadecimal, sistema que usa 16 numerales: de 0 a 9, y después las letras A a la F para representar los números del 10 al 15.





Cómo funciona internet

En una red de ordenadores, estos pueden estar conectados directamente o comunicarse entre ellos a través de otros ordenadores. Internet es una red sin un punto central. En lugar de ello, se envían los datos desde un dispositivo fuente a un receptor.

EL SUPERORDENADOR MÁS RÁPIDO DEL MUNDO PUEDE REALIZAR **200 000 BILLONES DE CÁLCULOS POR SEGUNDO**

1 Mensaje Cualquier dato en internet (como una imagen o un correo electrónico) puede descomponerse y transmitirse en forma de código de unos y ceros.

2 Paquetes La imagen se divide en paquetes, en general por medio del protocolo de control de transmisión (TCP).

3 Cabeceras Antes del envío, se da a cada paquete una cabecera que contiene información sobre su procedencia, destino y posición en la imagen original.

4 Encaminamiento Cada paquete se encamina físicamente por internet controlado por un sistema llamado protocolo de internet (IP), que envía cada paquete al servidor de internet más cercano.

5 Datos recibidos Los paquetes se reensamblan y se comprueban con una suma de verificación, que puede añadirse por TCP. Este cálculo verifica que la imagen no contiene errores.

La imagen se divide en paquetes

El transmisor selecciona una imagen

Los paquetes viajan de forma independiente por diferentes rutas

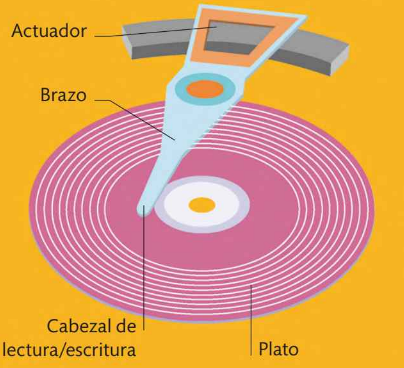
Paquetes reensamblados en el orden correcto

Internet conecta ordenadores por medio de rúters

Imagen libre de errores en el extremo receptor

Discos duros

La mayoría de los ordenadores usan un disco duro para almacenar la información. Un disco duro graba datos en un patrón físico de zonas magnetizadas y desmagnetizadas. Estos patrones permanecen cuando se apaga la corriente. Cada disco duro tiene varios platos que giran miles de veces por minuto. Algunos ordenadores, como los teléfonos y muchos portátiles, utilizan una memoria *flash* de estado sólido en lugar de un disco duro, que guarda datos en chips de memoria.



Lectura y escritura
El cabezal de lectura/escritura lee cada plato. Su electroimán detecta los patrones magnéticos en el plato y escribe nuevos patrones.

¿QUÉ ES UN *BYTE*?

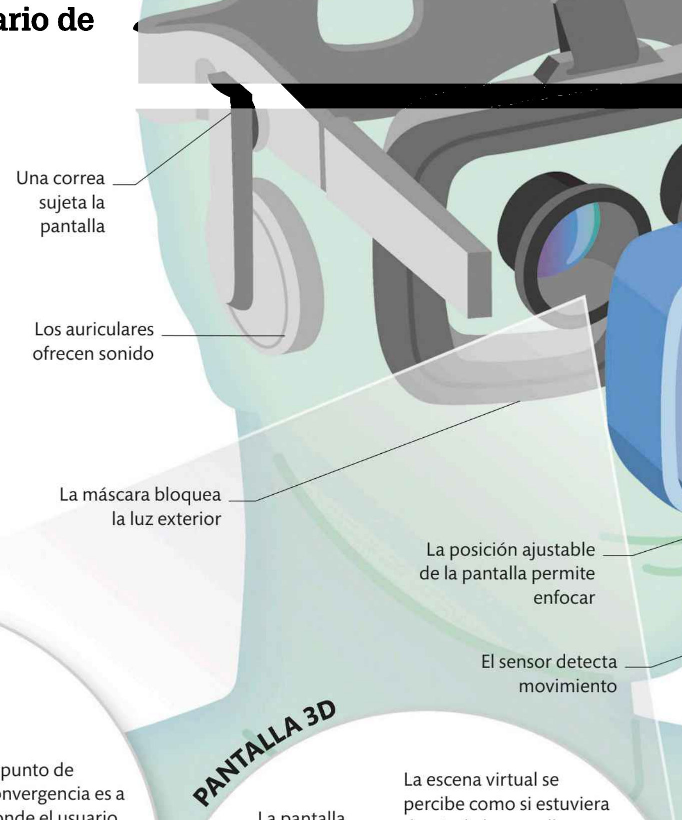
Un dígito en un código informático recibe el nombre de *bit*. Los *bits* suelen aparecer en secuencias de ocho llamadas *bytes*. Cuatro *bits*, o medio *byte*, reciben el nombre de *nibble*.

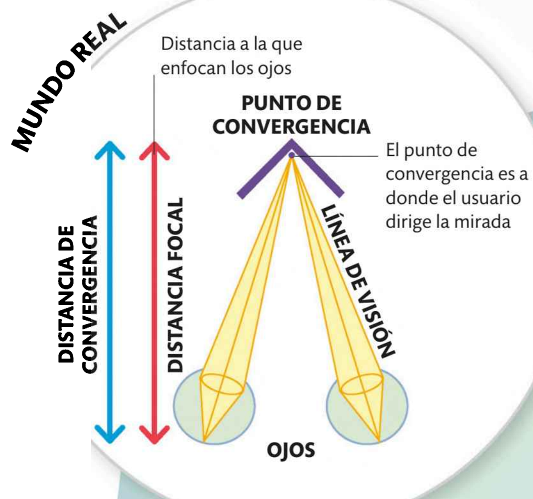
Realidad virtual

Durante muchos años, la tecnología no ha estado a la altura de las expectativas sobre realidad virtual (RV). Solo en los últimos tiempos se ha hecho popular. Un casco de RV debe hacer muchas cosas para convencer al usuario de que está en otro lugar.

Dentro de un casco de RV

El término *virtual*, en este contexto, se refiere a algo que no es real pero que es visible y tangible y con lo que se puede interactuar como si fuera real. Un buen ejemplo es una imagen virtual en un espejo, donde los objetos parecen estar «detrás» de este. Un casco de RV usa una pantalla para llenar el campo visual del usuario con parte de una escena virtual. Al mover el casco, la vista de la escena cambia de forma acorde.





Visión binocular

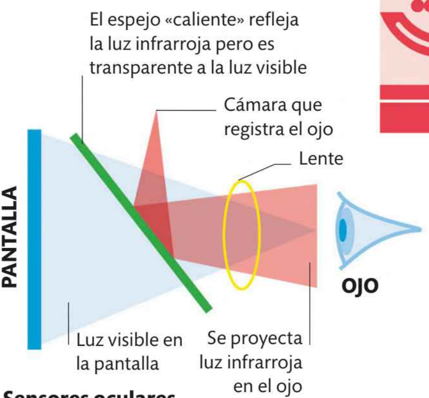
La pantalla de RV presenta dos imágenes: el ojo derecho ve una imagen desplazada ligeramente a la derecha en relación con la del ojo izquierdo. Este sistema se llama estereoscopía e imita la visión real para crear la ilusión de una escena virtual de 3D.

Sensores

Para que la experiencia de RV sea verdaderamente inmersiva, el casco registra el movimiento de la cabeza y los ojos del usuario y altera la escena de forma acorde. Así, el usuario ve el espacio virtual de una forma natural. Para registrar el movimiento de sus brazos y piernas, se usa un dispositivo aparte que proyecta rayos infrarrojos sobre el cuerpo. Esto permite al usuario interactuar más con su entorno virtual.

GIRO
BALANCEO
CABECEO

Sensores de cabeza
Los sensores del casco, parecidos a los de los teléfonos inteligentes, registran el movimiento de la cabeza del usuario en tres ejes. Esta información se usa para hacer ajustes a gran escala de la escena virtual.



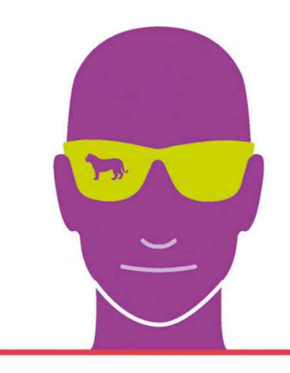
Sensores oculares
Los ojos solo pueden enfocar una parte de una escena. Las pantallas de RV muestran la imagen más nítida en ese punto. Se proyecta luz infrarroja en el ojo y una cámara analiza los reflejos para registrar la dirección de la mirada.

La pantalla presenta dos imágenes, una por ojo
Un potente procesador de gráficos en la placa base controla la imagen
PANTALLA
PLACA BASE
CARCASA EXTERNA

Alterar la percepción
Los cascos de RV engañan a la percepción del usuario para que experimente un espacio 3D generado por ordenador. Además de sonido e imágenes, los dispositivos «hápticos» en guantes y otras prendas permiten sentir los objetos virtuales.

REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada (RA) emplea tecnología parecida a la RV, pero los gráficos generados por ordenador de la RA se superponen a la escena real. Los usuarios de RA ven la escena a través de la pantalla de una cámara –por ejemplo, en un teléfono inteligente– o proyectada en una pantalla transparente, como unas gafas.

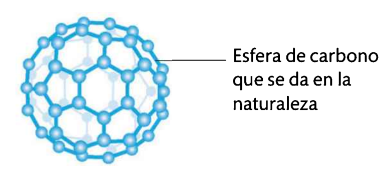


EL ESTEREOSCOPIO SE INVENTÓ EN 1838, ANTES INCLUSO QUE LA FOTOGRAFÍA

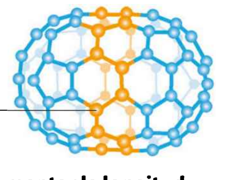
Nanotubos

Los nanotubos de carbono son estructuras cilíndricas de tan solo unos nanómetros de ancho. Aún miden solo unos milímetros, pero se podrían hacer nanotubos más largos de un material muchas veces más resistente que el acero y con otras útiles propiedades, como baja densidad.

UN **NANOTUBO QUE LLEGARA A LA LUNA** SERÍA, ENROLLADO, COMO UNA **SEMILLA DE AMAPOLA**



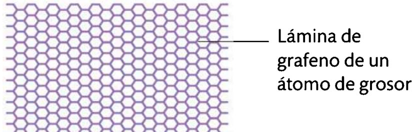
Esfera hecha de pentágonos y hexágonos

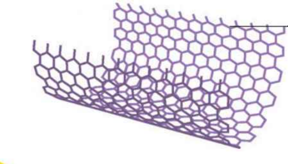


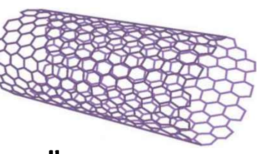
1 Plantar nanotubos
Una forma de construir nanotubos es «plantarlos» a partir de una esfera de 60 átomos que se da en la naturaleza, llamada *buckybola*.

2 Añadir hexágonos
La mayor parte de la esfera está hecha con hexágonos de carbono. Se incrementa la longitud de la *buckybola* añadiendo más.

3 Aumentar la longitud
Se añaden a la esfera anillos sucesivos de 10 átomos de carbono. Con 1 mm de largo, el tubo tendrá más de un millón de átomos.



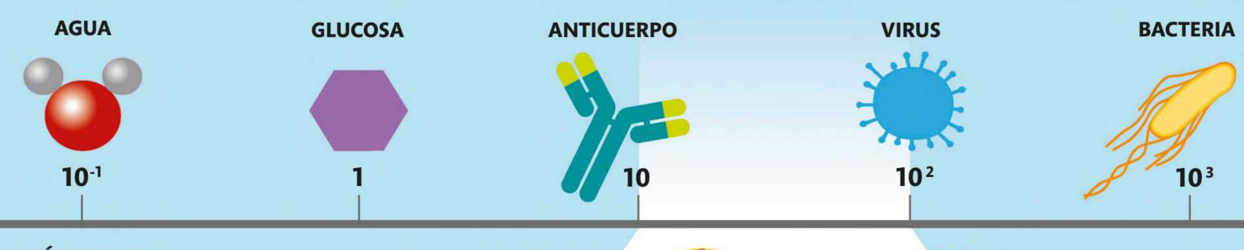




1 Enrollar nanotubos
Otro método para fabricar nanotubos es enrollar una lámina de hexágonos de un átomo de grosor del carbono llamado grafeno.

2 Flexible y resistente
El grafeno es muy rígido en todas direcciones, y puede doblarse de diferentes formas (en este caso, enrollándolo).

3 A enrollar
Enrollar una lámina de grafeno da un nanotubo de una pared. Los de paredes múltiples se crean metiendo un tubo dentro de otro.



NANÓMETROS

Dentro de una *buckybola* podrían transportarse átomos y pequeñas moléculas

Oro que rodea el cristal de sílice, que posee útiles propiedades ópticas en la terapia contra el cáncer



Se pueden dar propiedades específicas a racimos de moléculas y átomos semiconductores

PUNTOS CUÁNTICOS

BUCKYBOLA

Tecnología diminuta

Las nanopartículas tienen una gran área de superficie en relación con su volumen, lo que significa que reaccionan muy rápidamente. Poseen propiedades únicas que no comparten con la misma sustancia en otra escala. Existe preocupación por el hecho de que las nanopartículas sean tan pequeñas que puedan causar daños en el cuerpo de una persona al entrar en el cerebro por la sangre.

Un polímero ramificado podría servir para transportar, entregar o recoger materiales

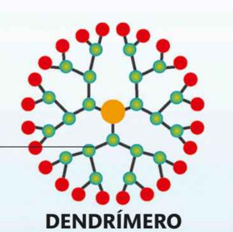


Lámina de carbono enrollada (ver arriba)

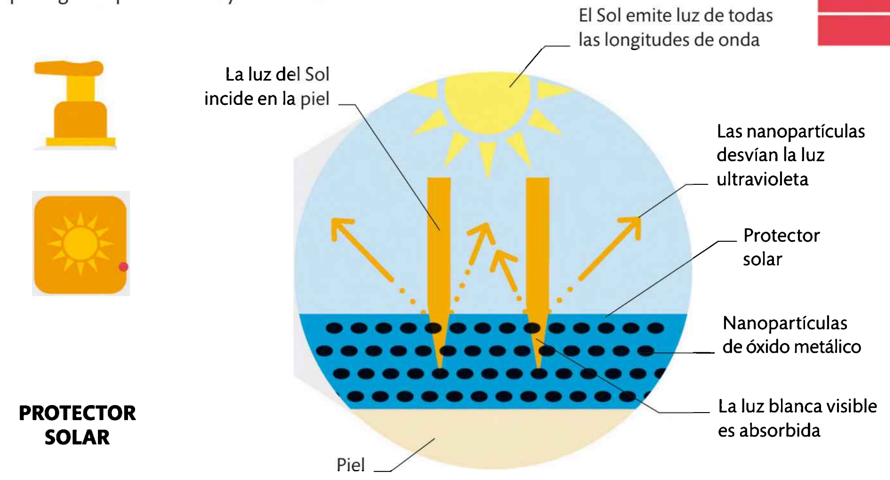
NANOTUBO

NANOESTRUCTURAS

Usos de la nanotecnología

La nanotecnología podría cambiar el futuro de la construcción, la medicina y la electrónica. Una teoría es que máquinas diminutas, los nanorrobots, podrían actuar en el interior del cuerpo suministrando medicamentos. Otra propuesta es que herramientas microscópicas podrían ensamblar objetos molécula a molécula. Estas tecnologías aún están a décadas de distancia, pero los materiales nanotecnológicos ya se usan. Por ejemplo, el vidrio resistente a arañazos se endurece con una capa de nanopartículas de solo unos nanómetros de grosor, por lo que es transparente.

Protector solar transparente
En las cremas solares se usan nanopartículas de óxido de cinc y de óxido de titanio. Los diminutos cristales protegen la piel de los rayos nocivos.



Televisor OLED
La tecnología de diodo orgánico de emisión de luz (OLED) produce luz electrificando una capa de moléculas. Las pantallas OLED son finas y flexibles.



Ordenadores más pequeños
Pronto se instalarán cables de nanotubos y puntos cuánticos en los microchips, haciéndolos más pequeños y potentes.



Megaestructuras
Añadir nanotubos a materiales de construcción los haría mucho más resistentes, lo que permitiría construir estructuras mucho más grandes.








Nanotecnología

La miniaturización ha sido siempre un objetivo de la ingeniería. La nanotecnología pretende construir máquinas diminutas con átomos y moléculas.

La nanosecala

El prefijo *nano* significa «una milmillonésima parte». Hay mil millones de nanómetros (nm) en un metro, y este punto ortográfico . tiene un millón de nanómetros de ancho. Las nanomáquinas, o nanorrobots, son máquinas hipotéticas capaces de realizar acciones en la nanoescala y que podrían tener entre 10 y 100 nm de grosor.

USAR ADN

Una propiedad útil del ADN es que puede crear copias de sí mismo, de modo que una hebra de ADN sirve de plantilla para la nueva. Esta propiedad podría manipularse para fabricar dispositivos a escala microscópica parecidos al ADN y que, en teoría, podrían cambiar de forma y funcionar como máquinas.

Robots y automatización

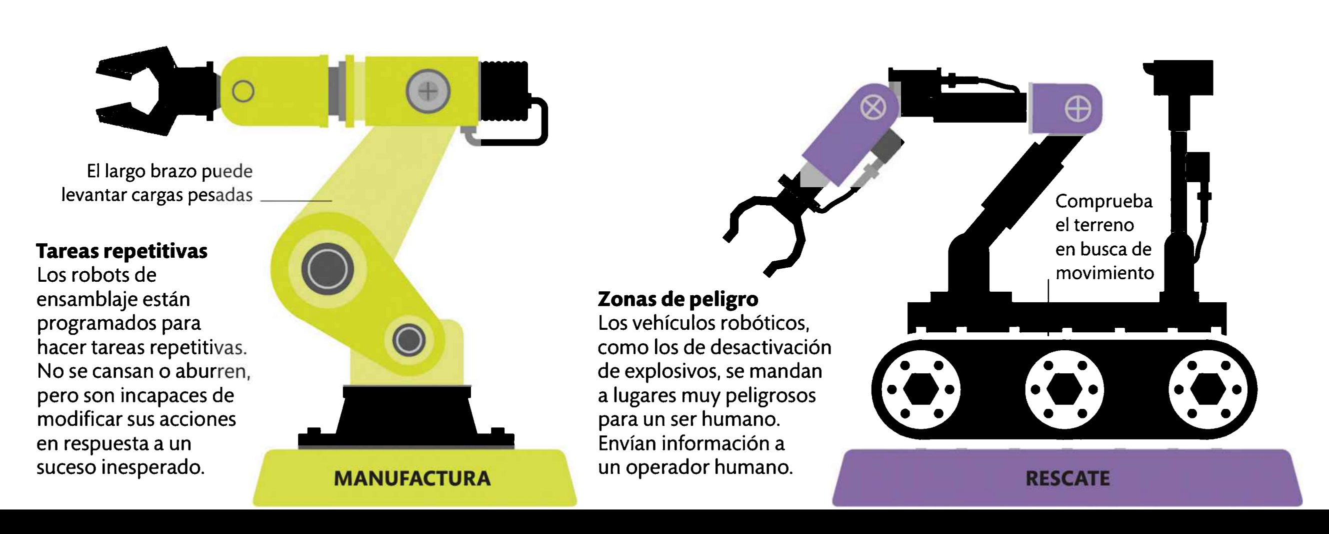
Un robot es una máquina construida para realizar acciones complejas. Puede accionarla remotamente un ser humano, pero suelen diseñarse para funcionar de forma autónoma.

¿Para qué sirven los robots?

Los componentes de un robot se mueven de forma independiente en varias direcciones. Esto permite al robot realizar ciertas tareas complejas que de otro modo necesitarían un trabajador humano. Los robots suelen estar limitados a aplicaciones en las que tienen amplias ventajas sobre los seres humanos, como trabajar en lugares peligrosos o realizar tareas repetitivas.

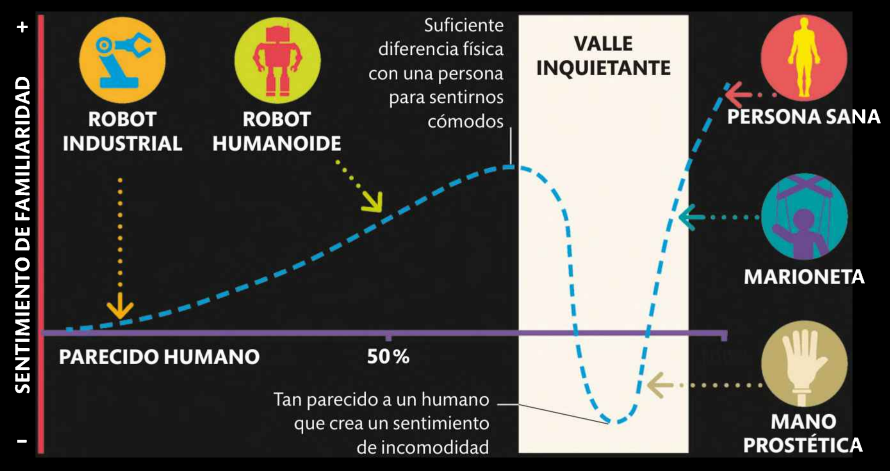
¿REEMPLAZARÁN LOS ROBOTS A LAS PERSONAS?

Los robots mecánicos están diseñados para un pequeño número de tareas y están muy lejos aún de la versatilidad del cuerpo humano.



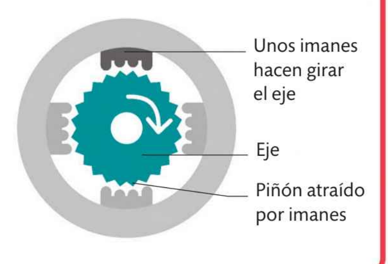
Actroides

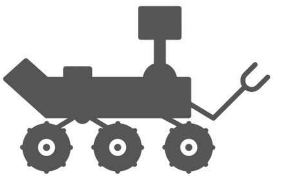
Muchos ingenieros han intentado construir máquinas que emulen la forma humana. Un desarrollo reciente en este campo es el Actroide, un robot realista y de piel blanda que reconoce y responde a expresiones verbales y faciales. Sin embargo, los diseñadores tienen que luchar contra el llamado valle inquietante, que consiste en que las réplicas humanas inanimadas resultan extrañas e incluso terroríficas cuanto más se parecen a humanos vivos.



MOTOR DE PASOS

Las articulaciones robóticas que se doblan o giran usan principalmente un tipo de motor llamado motor de pasos. Estos motores utilizan una serie de electroimanes que mueven cada uno un eje unos grados cada vez. Como resultado, se puede hacer que el motor realice giros muy precisos.



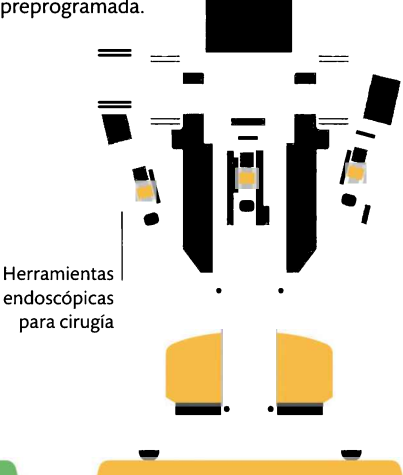


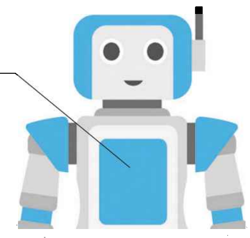
EL ***CURIOSITY***, EN **MARTE**, PUEDE **TOMAR** MUESTRAS PARA ANÁLISIS **DESDE 7 M**

Otros mundos
Los laboratorios móviles, como los *rovers* de exploración de Marte, siguen rutas que les envían sus operadores pero pueden responder de forma autónoma a los peligros.

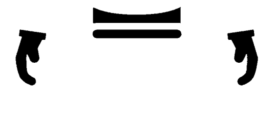
Se requiere precisión
Los robots quirúrgicos pueden llevar a cabo incisiones y procedimientos muy precisos tanto dirigidos por un médico humano como según una secuencia preprogramada.







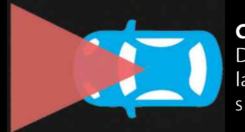
Tareas de bajo nivel
Algún día, robots capaces de limpiar y transportar reemplazarán a los cuidadores, pero programar un robot que pueda hacer esto es muy difícil.



Vehículos autónomos

Los coches que se mueven sin conductor por las carreteras y responden a su entorno son un tipo de robots. El éxito de los vehículos autónomos está en su habilidad para interpretar dónde están y qué ocurre a su alrededor. Se usan diferentes sistemas de detección para crear una imagen completa de lo que les rodea.





Cámara
Detecta la carretera, las señales y otros signos viales.



Radar
Detecta la dirección y la velocidad de los objetos móviles o estacionarios.



LiDAR
Este detector láser determina el tamaño y la forma de los objetos.

Inteligencia artificial

La inteligencia puede concebirse como la habilidad de tomar decisiones sobre lo adecuado en determinada circunstancia. Uno de los objetivos de la ciencia computacional es crear dispositivos con inteligencia artificial (IA).

¿PODRÍA DOMINARNOS LA IA?

Es poco probable que la IA sea pronto tan inteligente como nosotros. Aun así, confiamos en que tome decisiones por nosotros sin entender cómo lo hace.

¿Débil o fuerte?
La mayoría de los sistemas de IA son débiles: son incapaces de funcionar fuera de criterios programados por sus creadores humanos. Una IA fuerte es potencialmente más versátil: podría hacer casi todo lo que puede hacer un cerebro humano. Sería lo bastante inteligente como para saber que no sabe algo y aprenderlo.

DÉBIL



IA débil
Un sistema de recomendación, como los de las noticias de las redes sociales, es una IA débil. Puede buscar y seleccionar elementos relacionados con lo que ya hemos visto.



Experto
Un ordenador de ajedrez es un sistema experto. Decide sus jugadas consultando una base de datos recopilada por un experto jugador de ajedrez humano.



Reconocimiento de voz
Un asistente activado por voz aprende a reconocer palabras y a analizar las frases para ofrecer las mejores respuestas. A pesar de ello, no comprende su significado.



IA fuerte
El sistema Watson, de IBM, es capaz de resolver numerosos problemas, desde participar en concursos a asesorar a médicos, todo basado en la misma infraestructura. Es lo más parecido que tenemos a la IA fuerte.



Computación cuántica
El futuro de la IA puede estar en la computación cuántica, en la que un nuevo tipo de procesador podrá manejar cantidades de datos mucho mayores que los actuales supercomputadores.

FUERTE

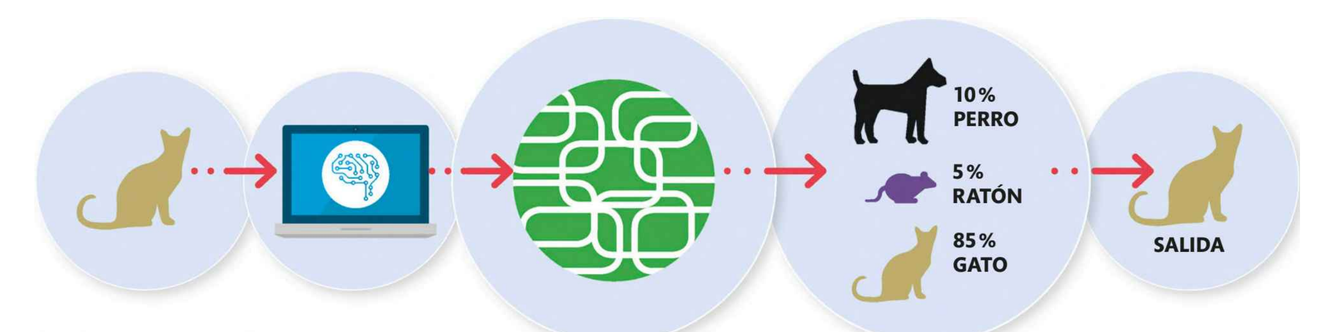
Tipos de inteligencia artificial

La idea más común sobre la inteligencia artificial (IA) es un dispositivo no humano con una inteligencia parecida a la nuestra. No obstante, es poco probable que la IA funcione así pronto (o nunca). Las IA que existen hoy en día están centradas en una estrecha franja de tareas muy específicas. Sin embargo, son capaces de realizar esas tareas más rápidamente y con más precisión que una inteligencia humana.

Aprendizaje de máquinas

Se llama aprendizaje de máquinas a permitir que un sistema informático aprenda a ajustar su comportamiento en respuesta a nuevas situaciones. Para eso hace falta una red neuronal artificial –inspirada en las células interconectadas de los cerebros animales– que pueda aprender procesando información y usándola para hacer suposiciones informadas. Cuando se equivoca, ajusta sus suposiciones para hacerlo mejor la próxima vez.

Ensayo y error
Durante el aprendizaje de máquinas supervisado, su creador humano le dice al sistema si sus respuestas son correctas o no. El sistema aplica y cambia pesos, o inclinaciones, en los nodos de la red para lograr la respuesta correcta.



1 Entrada El sistema introduce en la red neuronal una imagen formada por un patrón de píxeles de distintas intensidades de color.

2 Aprendizaje El objetivo del ordenador es reconocer los patrones entre los píxeles que asocia con diferentes animales. Al principio, sencillamente adivina al azar.

3 Análisis Los datos sobre los píxeles pasan a través de capas dentro de la red neuronal. Cada capa adquiere más información sobre los patrones de píxeles.

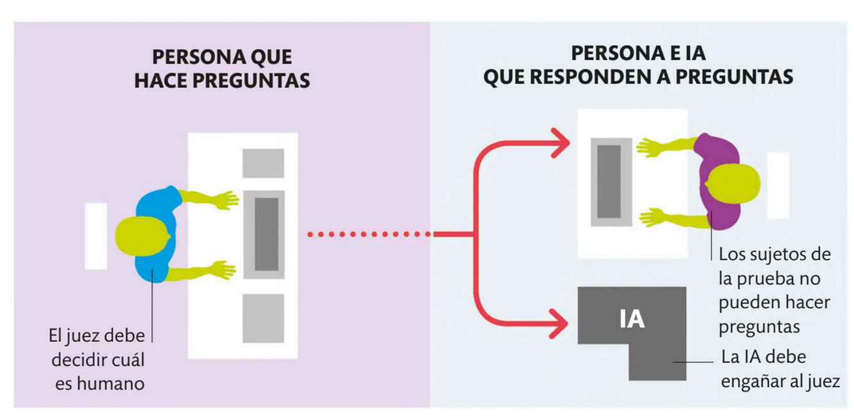
4 Aprendizaje de máquinas Tras muchos intentos de aprendizaje (de centenares a miles de millones), la red neuronal mejora a la hora de reconocer los patrones de píxeles que pueden representar a un perro, un gato o un ratón.

5 En uso Después de que el sistema de IA ha aprendido su tarea, puede usarse para analizar imágenes (u otra tarea) de forma automática.

Test de Turing

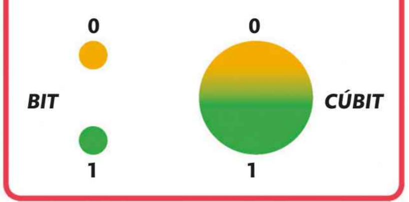
Uno de los pioneros de la ciencia computacional, Alan Turing, formuló un test para saber si un ordenador es inteligente. Un juez humano mantiene una conversación de texto con un ordenador y con un humano de prueba. Si el juez no puede saber cuál es el humano y cuál es el ordenador, el ordenador ha pasado el test de Turing.

Experimento a doble ciego
Los jueces no ven con quién hablan. En pruebas más avanzadas, el juez muestra imágenes y habla con los sujetos.



BITS CUÁNTICOS

Los ordenadores clásicos usan dígitos binarios (*bits*) que almacenan: un 1 o un 0. Los ordenadores cuánticos usan *bits* cuánticos, o *cúbits*, que tienen una cierta probabilidad de ser unos o ceros y que, por tanto, almacenan dos fragmentos de información a la vez. La potencia de los ordenadores cuánticos proviene de usar *cúbits* juntos; un procesador de 32 *cúbits* maneja 4 294 967 296 *bits* a la vez.



Ondas

Las ondas son oscilaciones o fluctuaciones rítmicas que se dan en la naturaleza. La luz y el sonido son ejemplos de ondas. Aunque las ondas adoptan formas diferentes, hay ciertas características que todas comparten.

¿DE DÓNDE VIENEN LAS OLAS DEL OCÉANO?

El viento crea olas en el mar al soplar sobre la superficie del agua. La fricción empuja el agua en crestas, que a su vez captan mejor el viento.

Tipos de ondas

Una onda es un ejemplo de energía que se desplaza de un lugar a otro. Todas las ondas exhiben los mismos comportamientos básicos debido a su movimiento oscilatorio, el cual puede generarse de tres formas diferentes. El sonido es una onda longitudinal. La luz y otros tipos de radiación son ondas transversales y no requieren un medio por el que viajar. Las olas son un ejemplo del complejo tercer tipo, llamado ondas de superficie u ondas sísmicas.

Moléculas de aire rarificadas, o dispersas, en una zona de baja presión

SIRENA DE BARCO

Onda de superficie
El agua en una onda de superficie no se mueve hacia delante con la onda, sino que se mueve en bucles, produciendo cimas y valles de igual altura a lo largo del nivel del agua en condiciones de calma.

Cima sobre la línea del agua en calma

Valle bajo la línea del agua en calma

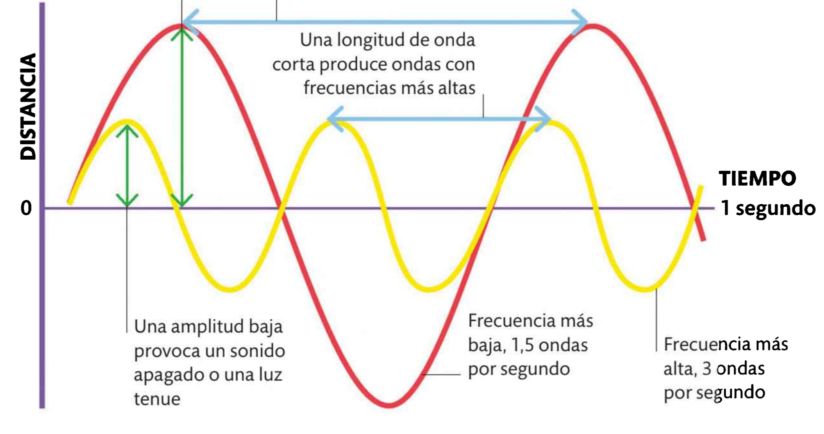
DIRECCIÓN DE LA ONDA

Las moléculas de agua rotan en torno a un punto fijo en el agua

Medir las ondas

Todas las ondas, en cualquier forma, pueden medirse con el mismo conjunto de medidas. La longitud de onda es la distancia cubierta por una oscilación completa de la onda. Lo más fácil es medirla desde una cima a la siguiente. La frecuencia de una onda es el número de longitudes de onda que ocurren cada segundo y se mide en hercios (Hz). La amplitud equivale a la altura de la onda e indica su potencia o cuánta energía se transfiere con el tiempo.

Relación de onda
Si la velocidad de onda es constante, incrementar la longitud de onda reduce la frecuencia, y viceversa.



DIRECCIÓN DE LA ONDA

La onda oscila en torno a un punto central

La oscilación está en ángulo recto con la dirección de la onda

Onda transversal
La oscilación de una onda transversal es perpendicular a la dirección de la onda. Por ejemplo, de arriba abajo o de izquierda a derecha. En una onda lumínica, la oscilación se debe a fluctuaciones en el campo electromagnético.

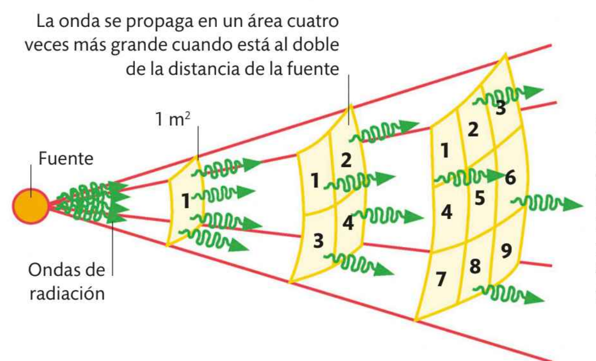
Moléculas de aire comprimidas en una región de alta presión

DIRECCIÓN DE LA ONDA

Onda longitudinal
Todas las ondas longitudinales, como el sonido, necesitan un medio en el que moverse. La oscilación ocurre en el mismo plano que el movimiento de la onda y crea regiones de alta y baja presión (compresión y rarefacción).

Propagación de las ondas

Las ondas se propagan desde una fuente en todas direcciones si nada bloquea el camino. La intensidad de una onda, o su concentración de energía, se reduce a medida que se aleja de la fuente. La reducción de la intensidad –que apaga los sonidos y atenúa la luz– sigue la ley de la inversa del cuadrado. Por ejemplo, cada vez que se dobla la distancia, la intensidad de la onda se reduce en un factor de cuatro.



Menos efecto
La reducción de la intensidad es muy rápida. Al triple de la distancia de la fuente, la intensidad es nueve veces más baja. A cien veces la distancia, se reduce en un factor de 10 000.

ROMPER LAS OLAS

Las olas del mar rompen al hacerse este demasiado poco profundo para que el agua circule en un bucle (ver p. 233). Cuando la ola entra en la parte poco profunda, el agua, que va rotando, se eleva en una cresta alargada. La ola entonces deja de estar equilibrada y rompe.

El agua en la parte de atrás de la ola viaja más deprisa

LLEGADA A LA ORILLA

De la radio a los rayos gamma

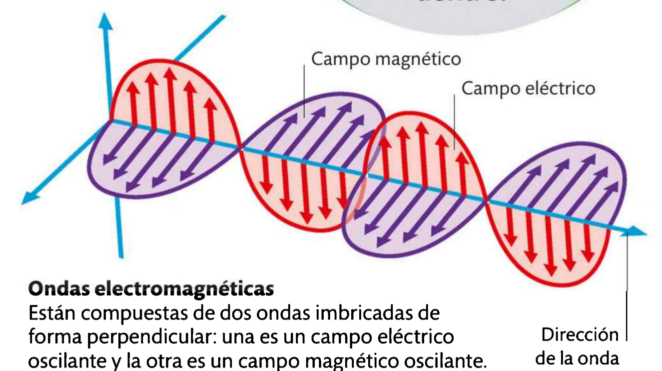
Todo lo que vemos es un patrón de luz visible que llega a nuestros ojos en forma de ondas. Pero estos rayos visibles son solo parte de un espectro más amplio de ondas electromagnéticas que llevan energía de un sitio a otro.

¿SON PELIGROSAS LAS MICROONDAS?

Las microondas fuertes podrían quemarnos, pero las débiles son inofensivas. Los hornos de microondas están diseñados para que estas queden siempre dentro.

Radiación electromagnética

La energía puede transferirse mediante la radiación electromagnética, que adopta la forma de una onda que ondula de izquierda a derecha y de arriba abajo. Los dos componentes de la onda oscilan en fase –sus cimas y sus valles ocurren en un movimiento regular y están alineados–. La longitud de la onda puede variar, pero siempre viaja en el espacio vacío a la velocidad de la luz.



Ondas electromagnéticas
Están compuestas de dos ondas imbricadas de forma perpendicular: una es un campo eléctrico oscilante y la otra es un campo magnético oscilante.

ONDAS DE RADIO | **MICROONDAS** | **INFRARROJOS**

1 KM | 100 M | 10 M | 1 M | 10 CM | 1 CM | 1 MM | 100 µM | 10 µM

El espectro electromagnético

Percibimos algunas ondas electromagnéticas como luz visible, que consiste en un espectro de colores con su propia longitud de onda cada uno, del rojo al violeta. Pero el espectro electromagnético abarca desde los rayos infrarrojos –que llevan la energía calorífica– a las microondas y las ondas de radio. Entre las longitudes de onda más pequeñas están los rayos ultravioleta y X y los rayos gamma.



Radiotelescopio
Se emplea una antena parabólica para detectar ondas de radio emitidas por estrellas lejanas.



Horno microondas
La comida se calienta cuando las microondas excitan las moléculas de agua que contiene.



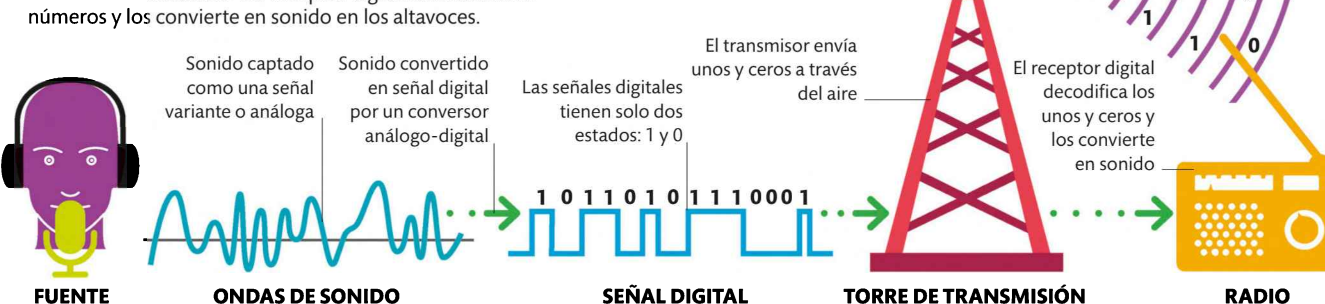
Control remoto
Un control remoto usa pulsos de radiación infrarroja para enviar códigos digitales.

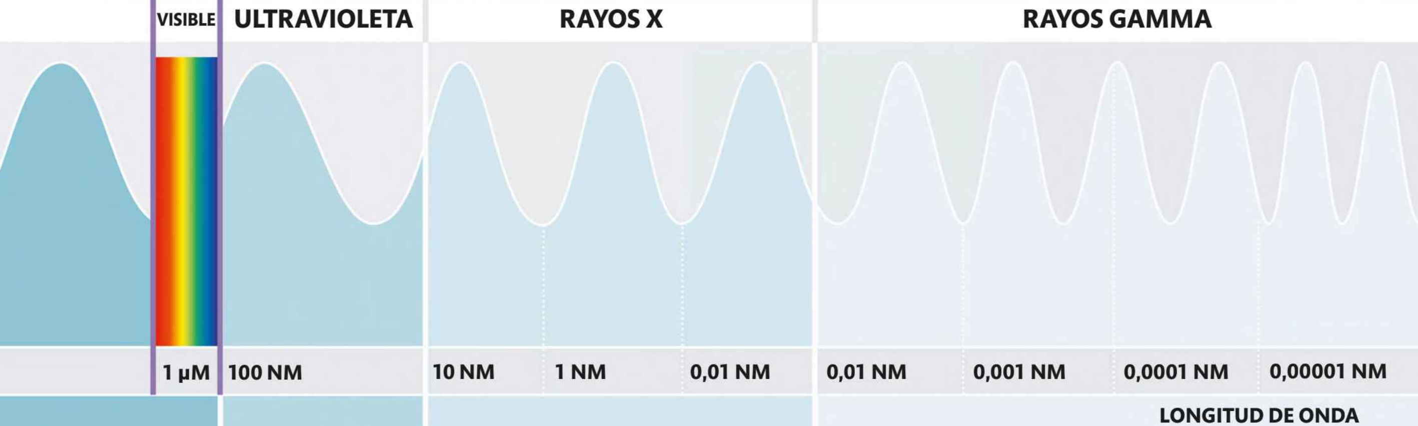
Radio digital

Los transmisores de radio analógicos emiten señales que son esencialmente ondas añadidas a las ondas de radio normales. Otras ondas de radio pueden interferir unas con otras y distorsionar la emisión analógica. La radio digital convierte el sonido en un código digital y, en tanto lleguen los dígitos que forman el código, la transmisión se convierte en una señal clara.

LA VELOCIDAD DE LA LUZ EN EL VACÍO ES DE 299 792 458 M/S

Sonido de alta calidad
Las ondas de sonido se convierten en un flujo de números antes de la transmisión. Un receptor digital decodifica los números y los convierte en sonido en los altavoces.







Ojo humano
Detecta una franja de longitudes de onda en forma de espectro de colores.



Desinfección
Ciertas longitudes de onda de la luz UV permiten matar bacterias y esterilizar.



Radiografía dental
Rayos X de longitud corta atraviesan los tejidos y muestran los dientes debajo.



Energía nuclear
La energía de los rayos gamma de la radiación nuclear se usa para generar electricidad.

Usar la radiación electromagnética
Hasta la década de 1880, las únicas formas de radiación conocidas eran la luz infrarroja, ultravioleta y visible. La tecnología moderna aprovecha todo el espectro.

El color

El color es un fenómeno generado por nuestros ojos y nuestro sistema de visión para permitirnos ver diferentes longitudes de onda. Los colores que percibimos dependen de las longitudes de onda que detectan nuestros ojos.

¿POR QUÉ NO VEMOS BIEN LOS COLORES DE NOCHE?

Porque es demasiado oscuro para que funcionen los conos. En su lugar, los bastoncillos, células más sensitivas, crean imágenes en forma de áreas de luz y oscuridad.

Espectro visible

El ojo puede detectar luz con longitudes de onda de entre 400 y 700 nanómetros. Una luz que contiene todas esas longitudes aparece como blanca. Cuando la luz se divide en longitudes individuales, el cerebro asigna cada una a un color específico del espectro. La luz roja tiene la longitud de onda más larga y la violeta, la más corta.

Dividir la luz blanca
Si las longitudes de onda en la luz blanca se dividen mediante refracción, cada color se desvía en una cantidad única, creando un arcoíris.

La luz blanca entra en el prisma

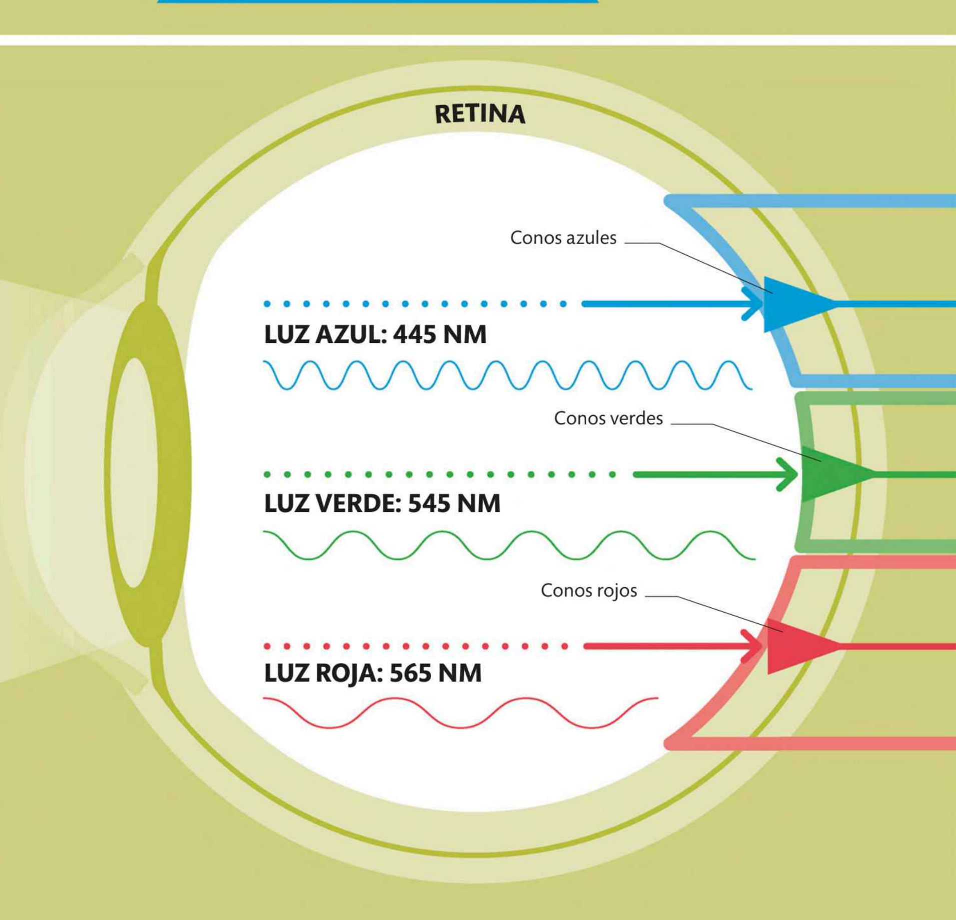
PRISMA DE VIDRIO

La luz roja es la que menos se refracta

ROJO
NARANJA
AMARILLO
VERDE
AZUL
ÍNDIGO
VIOLETA

Visión del color

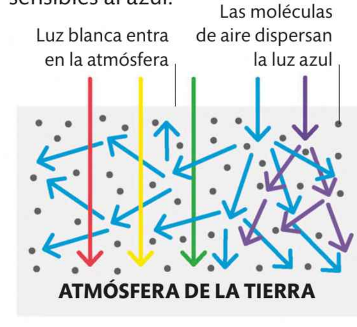
El ojo humano crea imágenes de la luz usando tres tipos de células llamadas conos por su forma. Los conos de la retina contienen pigmentos químicos sensibles a las longitudes de onda específicas de la luz. Cuando se activan, emiten una señal nerviosa. El cerebro recibe señales de la luz roja, verde y azul que entra en el ojo y crea la percepción del color. Por ejemplo, señales de un cono verde y uno rojo crean la percepción del amarillo, las señales de todos los conos crean el blanco y la ausencia de señales de los conos crea el negro.

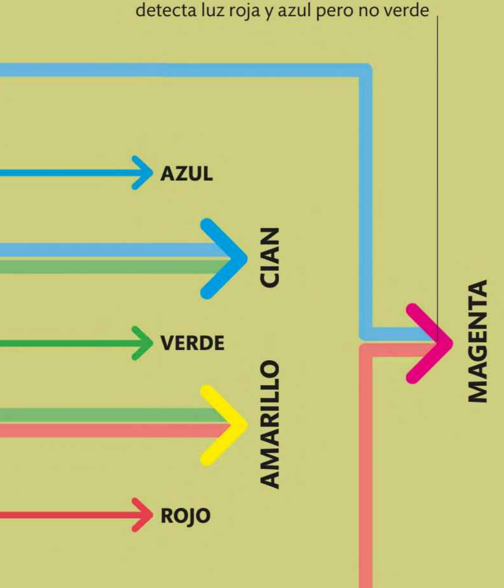


Sensores de luz
Todas las partes de la retina tienen conos de los tres tipos, aunque la mayoría están en la parte central, justo detrás de la pupila. Allí es donde se forman las imágenes más detalladas.

CIELO AZUL

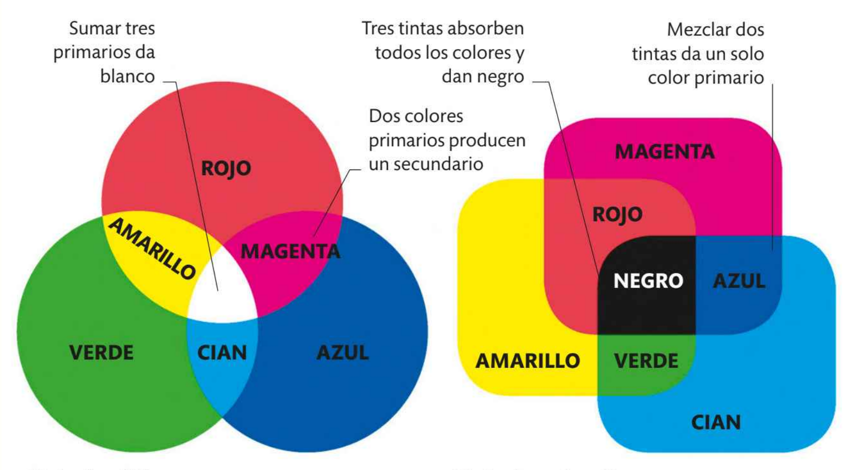
El cielo es azul porque la luz azul tiene una longitud de onda más corta que otros colores y rebota con más fuerza en las moléculas de aire, dispersándose en todas direcciones antes de brillar en nuestros ojos. La luz violeta también se dispersa, pero es más escasa y nuestros ojos son más sensibles al azul.





Mezclar los colores

Cuando la luz incide en un objeto, se absorbe o se refleja. El cerebro adjudica un color a un objeto dependiendo de la luz que refleja. Por ejemplo, un plátano refleja la luz amarilla y absorbe todos los demás colores. A esto se lo llama síntesis sustractiva y se usa para manufacturar tintas de color y tintes. Mezclar los colores directamente en una fuente de luz, como en un foco escénico, requiere el método inverso, llamado síntesis aditiva.



Síntesis aditiva
La luz transmitida se altera usando el sistema aditivo. Rojo, verde y azul son los tres colores primarios. Los colores secundarios se forman combinando dos primarios. Sumar todos los primarios da luz blanca.

Síntesis sustractiva
Los pigmentos cian, magenta y amarillo se usan para formar color reflejado. Cada uno absorbe un color primario y refleja dos. Añadir otro pigmento reduce la luz reflejada a un solo color primario.



Luz reflejada
Cuando miramos un objeto, lo vemos de cierto color. Esto depende de la naturaleza del material y de las longitudes de luz que absorbe o refleja en nuestros ojos.



LA GAMBA MANTIS POSEE 12 TIPOS DE RECEPTORES DE COLOR Y PUEDE VER LA LUZ UV E INFRARROJA

Espejos y lentes

Los haces de luz siempre viajan en línea recta, pero pueden cambiar de dirección debido a fenómenos como la reflexión y la refracción. Estos dos procesos se usan para controlar la luz mediante espejos y lentes.

ESPEJISMOS

Los espejismos son ilusiones ópticas que aparecen en los días calurosos. En los desiertos, los espejismos parecen agua que brilla a lo lejos. El «agua» es en realidad luz del cielo refractada hacia el ojo por una capa de aire caliente.



Reflejar la luz

El ángulo de un haz de luz reflejado es siempre igual al ángulo del haz incidente. Los ángulos se miden desde la normal, una línea imaginaria perpendicular a la superficie. La luz reflejada en la mayoría de los objetos se dispersa en todas direcciones porque los haces inciden en sus superficies desiguales en diferentes ángulos. Un espejo es muy liso, por lo que los haces reflejados mantienen sus alineaciones originales y crean una imagen.

¿POR QUÉ BRILLAN LOS DIAMANTES?

Los diamantes tallados brillan porque los ángulos de sus superficies garantizan que la luz se refleje en el interior y salga solo por la parte de arriba.

Rayos en el haz reflejado

Imagen reflejada
Un espejo crea una imagen virtual de un objeto que aparenta estar situado tras el espejo. El reflejo invierte horizontalmente la imagen, por lo que las letras, por ejemplo, aparecen al revés.

Los haces de luz alcanzan un objeto y se reflejan en el espejo

ESPEJO

Ángulo de reflexión igual al ángulo de incidencia

La «normal» es una línea perpendicular al espejo

El ángulo de incidencia es el ángulo en que la luz llega al espejo

La imagen reflejada es virtual: su localización es una ilusión

Rayos en el haz incidente

La imagen reflejada la producen haces virtuales que se extienden tras el espejo

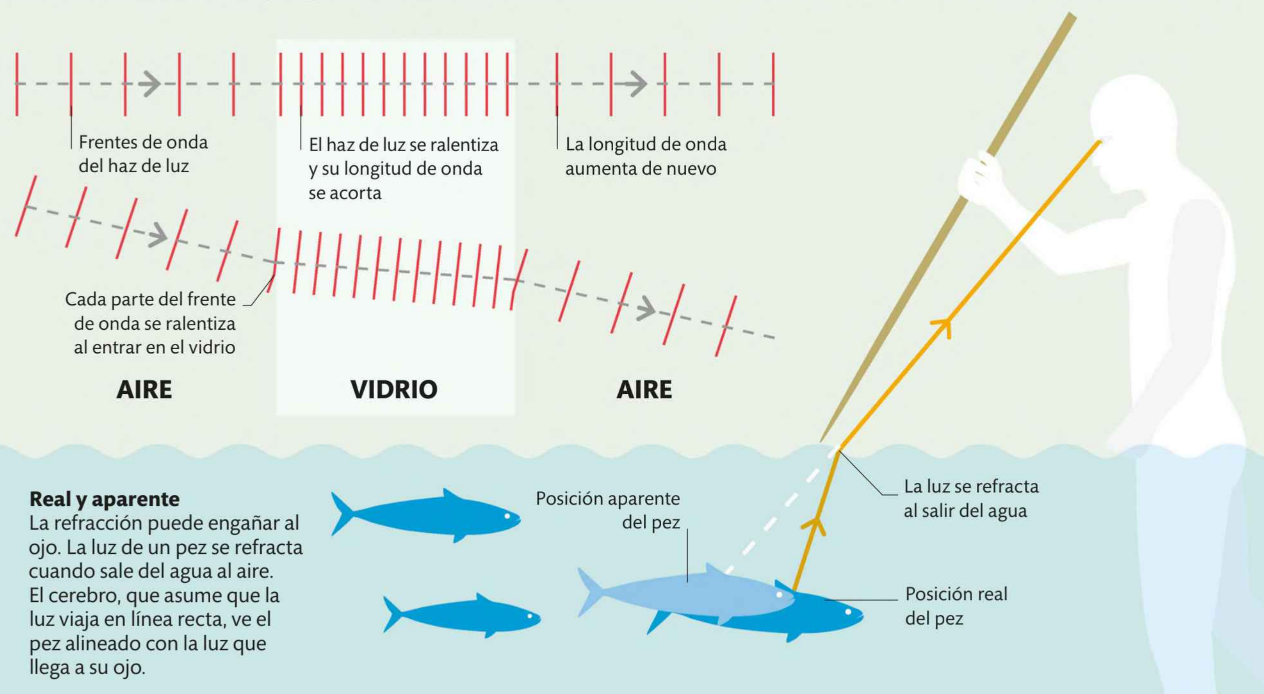
OBJETO

IMAGEN REFLEJADA

Refractar la luz

Las ondas lumínicas viajan a distinta velocidad a través de medios diferentes. Si la luz entra en un nuevo medio transparente en ángulo, el cambio de velocidad provoca un pequeño cambio de dirección. Esto se conoce como refracción. Diferentes partes del haz de luz se ralentizan en momentos distintos, lo que desvía el camino de la luz.

EL ARCOÍRIS SE FORMA CUANDO LAS GOTAS DE LLUVIA REFLEJAN, REFRACTAN Y DISPERSAN LA LUZ



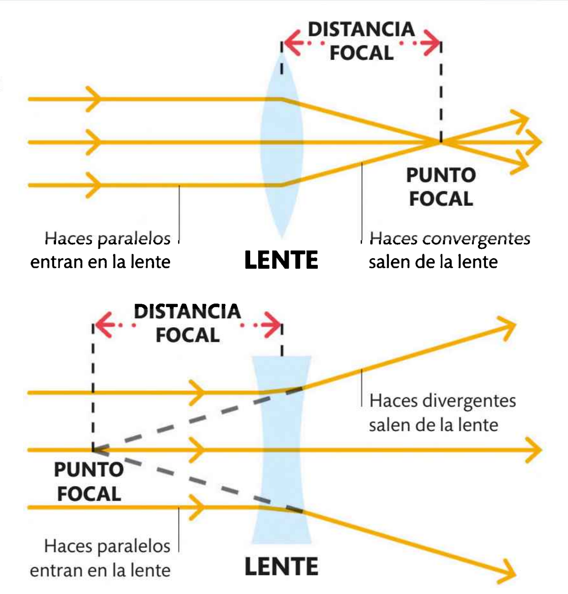
Real y aparente
La refracción puede engañar al ojo. La luz de un pez se refracta cuando sale del agua al aire. El cerebro, que asume que la luz viaja en línea recta, ve el pez alineado con la luz que llega a su ojo.

Enfocar la luz

Una lente es una pieza de vidrio transparente que se vale de la refracción para cambiar la dirección de la luz. Tiene una superficie curva, lo que significa que los haces de luz inciden en la lente en una serie de ángulos diferentes y, como resultado, se refractan en proporciones diferentes. Hay dos tipos de lentes. Una lente convergente (convexa) cierra hacia dentro los haces de luz y una lente divergente (cóncava) los abre.

Lente convergente
Los haces de luz que inciden en una lente convexa convergen en un punto focal al otro lado. La distancia entre la lente y el punto focal es la distancia focal. Una lente convergente puede usarse para magnificar objetos pequeños (ver p. 113).

Lente divergente
Una lente cóncava hace que los haces de luz se abran y parezcan provenir de un punto focal detrás de la lente. Estas lentes se usan en las gafas para la miopía.



Cómo funciona un láser

Un láser es un dispositivo que produce un intenso haz de luz paralelo y coherente, en el que las ondas de luz están alineadas y acompasadas unas con otras. Esto dota al haz de precisión y potencia.

Energizar la luz

En un láser de cristal, se dirige la luz a un tubo hecho de un cristal artificial, por ejemplo rubí. Los átomos de dentro se empapan de energía y emiten de nuevo la luz, haciendo que los átomos cercanos emitan también fotones de luz, todos en una longitud de onda específica. Los fotones van y vienen entre los espejos del tubo hasta que la luz es lo bastante intensa como para escapar del tubo en forma de fino haz, que puede ser lo bastante potente como para tallar un diamante.

El cristal de rubí contiene átomos y fotones

Un estroboscopio bombea luz (fotones) en el cristal

El espejo impide que los fotones escapen del cristal

ESPEJO

FOTÓN

ESTROBOSCOPIO

ÁTOMO

Electrón

Capa electrónica de alta energía

Capa electrónica de baja energía

NÚCLEO

ÁTOMO

ALTA ENERGÍA

Fotón absorbido

El electrón pasa de un nivel bajo de energía a uno alto

BAJA ENERGÍA

El electrón regresa a la capa electrónica de baja energía

Un fotón emitido

Un fotón choca con un electrón excitado de otro átomo

Dos fotones emitidos

1 Excitándose
Cuando un átomo absorbe un fotón, uno de sus electrones salta de un nivel de energía bajo a uno mayor. En este estado excitado, un átomo es inestable.

2 Exceso de energía
El electrón permanece excitado solo unos milisegundos y libera el fotón que ha absorbido. El fotón liberado posee una longitud de onda particular.

3 Darlo todo
Los electrones excitados son alcanzados por más fotones, que les hacen liberar dos fotones en lugar de uno. Esto recibe el nombre de emisión estimulada.

Usar una luz láser

Los láseres han demostrado ser una de las invenciones más versátiles de los tiempos modernos. Hoy en día tienen una gran variedad de usos cotidianos y especiales, desde la comunicación por satélite hasta leer códigos de barras en el supermercado.

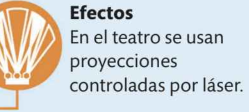


Impresión láser
El láser sitúa en el papel electricidad estática que atrae la tinta.



Grabar datos
Los datos se graban en discos codificados mediante patrones.





Efectos
En el teatro se usan proyecciones controladas por láser.

BAJA — **MEDIA** — **ALTA**

INTENSIDAD DE LA LUZ LÁSER



Medicina
Los cirujanos usan láseres en lugar de bisturíes para cortar tejidos.



Cortar material
Un láser potente puede cortar materiales resistentes.



Astronomía
Con láseres se miden distancias con precisión.

¿CUÁN POTENTE PUEDE SER UN LÁSER?

El láser más potente emite un haz de 2 petavatios durante una billonésima de segundo, casi tanta potencia como el consumo de electricidad medio de todo el planeta.

La cantidad de fotones en el cristal aumenta a medida que más electrones excitados los emiten

Un haz de láser se compone de fotones de una longitud de onda específica, alineados y acompasados

Los fotones se reflejan una y otra vez a lo largo del cristal

Espejo parcialmente reflectante

4 Luz amplificada
Cada vez que un fotón estimula la emisión de dos fotones, la luz se amplifica. *Láser* significa «amplificación de luz por emisión estimulada de radiación». La luz rebota arriba y abajo a lo largo del tubo.

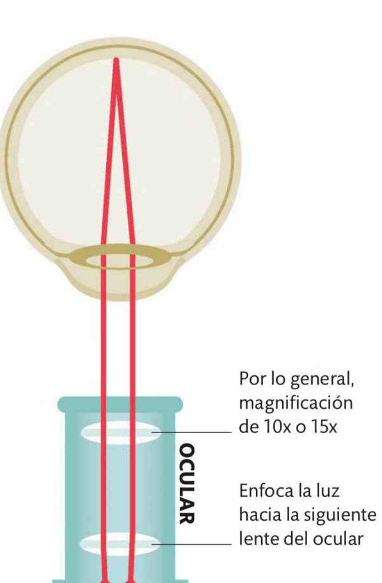
5 Un haz de láser escapa
Un espejo parcialmente reflectante deja que escapen algunos fotones del cristal en forma de haz de luz potente y coherente.

Usar la óptica

La óptica estudia la luz. El comportamiento óptico de los haces de luz, como la reflexión y la refracción, tiene algunas poderosas aplicaciones que nos permiten ir más allá de los límites del ojo humano.

La óptica en acción

El ojo humano solo puede ver objetos de más de 0,1 mm de grosor. Los instrumentos ópticos se usan para ver objetos más pequeños que eso y para ver detalles de objetos muy lejanos. Lo consiguen captando los haces de luz que llegan del objeto. Esa luz forma una imagen tenue y demasiado pequeña para la vista. El instrumento capta más luz del objeto para hacer la imagen más brillante y la magnifica con una lente.



Fibras ópticas

Estos cables superrápidos envían señales en forma de resplandores codificados de luz láser dentro de las fibras flexibles de vidrio. La luz viaja reflejándose en la superficie interior de la fibra. El ángulo en el que el láser incide en el vidrio es crucial: si es demasiado cerrado, no se reflejará sino que se refractará.

LEYENDA
- Señal de luz 1
- Señal de luz 2

Multiplexación
Una fibra puede enviar varias señales usando láseres de distintos colores.

INTERFERENCIA

Como todos los tipos de onda, las ondas de luz interfieren entre sí. Cuando dos ondas se encuentran, se combinan en una. Si las longitudes de onda están en fase (si son de la misma longitud y sus cimas y valles se mueven al unísono), forman una sola onda más potente. Las ondas exactamente fuera de fase se cancelan entre sí. Las interferencias crean formas, como los remolinos irisados que se ven en el aceite.



¿ME EMPEORARÁN LA VISTA LAS GAFAS?

La mala visión se deriva de la forma del ojo y la flexibilidad del cristalino. Llevar gafas no tiene ningún efecto sobre esto y nos permite ver mejor.



Microscopio óptico
Un microscopio capta y magnifica la luz que atraviesa un espécimen. La luz del espécimen entra por el objetivo seleccionado.

Los objetivos suelen tener una magnificación de entre 4x y 100x

OBJETIVOS

El iris, o diafragma, controla la intensidad y el tamaño del cono de luz que ilumina el espécimen

PLATINA

IRIS

CONDENSADOR

El condensador enfoca luz en el espécimen

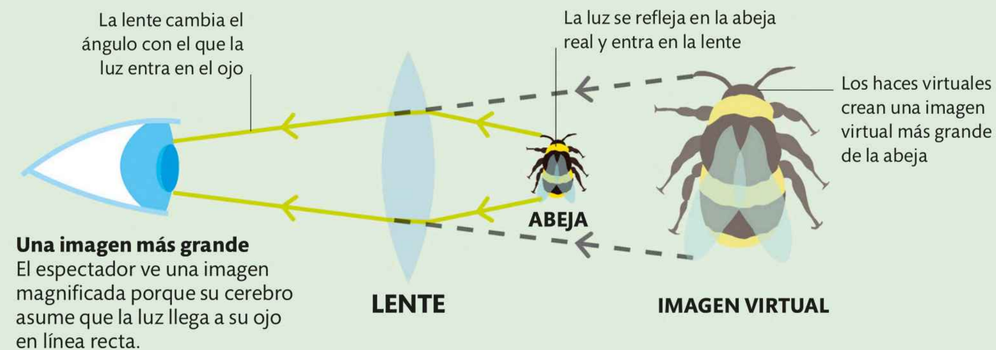
En la platina se coloca un cubreobjetos con el espécimen

LUZ

ESPEJO

El espejo refleja (o una lámpara proyecta) luz sobre el espécimen

EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS TIENE **36 SEGMENTOS DE ESPEJO** CON UN **DIÁMETRO TOTAL** DE **10,4 M**



Telescopio
Los telescopios astronómicos usan lentes y espejos para captar luz de objetos lejanos. Los telescopios para uso en la Tierra tienen lentes que enderezan la imagen.

Prismáticos
La luz entra por las lentes principales y se refleja hacia dentro en espejos para redirigirse hacia unas lentes magnificadoras más pequeñas y hacia el ojo.

Cómo funciona la magnificación

La mayoría de las lentes de un microscopio son convexas (ver p. 109) y sirven para generar una imagen agrandada de un espécimen. Si se coloca un objeto entre la lente y su punto focal, los haces de luz del objeto convergen al otro lado de la lente. Al incrementarse la curvatura de la lente, aumenta la distancia focal y, como resultado, aumenta también la fuerza de magnificación de la lente.

La lente cambia el ángulo con el que la luz entra en el ojo

La luz se refleja en la abeja real y entra en la lente

Los haces virtuales crean una imagen virtual más grande de la abeja

ABEJA

LENTE

IMAGEN VIRTUAL

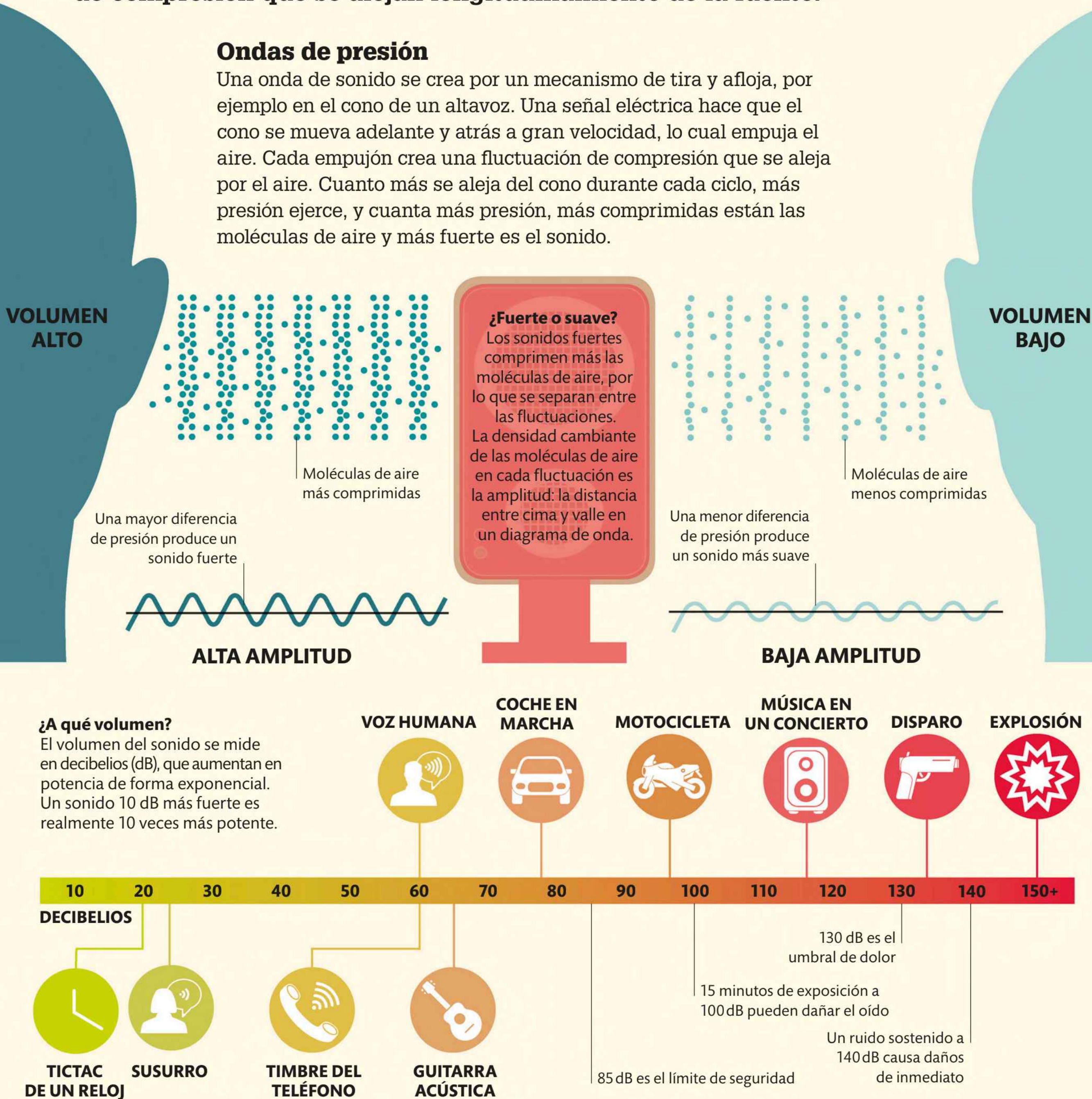
Una imagen más grande
El espectador ve una imagen magnificada porque su cerebro asume que la luz llega a su ojo en línea recta.

El sonido

Todos los sonidos que llegan a nuestros oídos viajan a través de un medio –como el aire– en forma de ondas (ver pp. 102-103). Pero las ondas de sonido no son como las de luz o radio. Son fluctuaciones de compresión que se alejan longitudinalmente de la fuente.

Ondas de presión

Una onda de sonido se crea por un mecanismo de tira y afloja, por ejemplo en el cono de un altavoz. Una señal eléctrica hace que el cono se mueva adelante y atrás a gran velocidad, lo cual empuja el aire. Cada empujón crea una fluctuación de compresión que se aleja por el aire. Cuanto más se aleja del cono durante cada ciclo, más presión ejerce, y cuanta más presión, más comprimidas están las moléculas de aire y más fuerte es el sonido.



Efecto Doppler

Las ondas de sonido viajan a unos 1238 km/h. Eso es muy rápido, pero incluso las ondas muy rápidas se ven afectadas por la velocidad de su fuente. Si un vehículo se mueve hacia un oyente, las fluctuaciones de presión de las ondas de sonido se van juntando más, aumentando la frecuencia y el tono. Cuando el vehículo pasa, las ondas se abren, bajando el tono.

Una carrera con las ondas
Las ondas de sonido que se dispersan por delante de este coche de carreras se van juntando más porque su ruidoso motor está cada vez un poco más cerca de cada onda antes de enviar la siguiente.

Las ondas de sonido detrás de un vehículo están espaciadas de forma regular

Las nuevas ondas de sonido se apelotonan detrás de las más viejas que aún están dispersándose

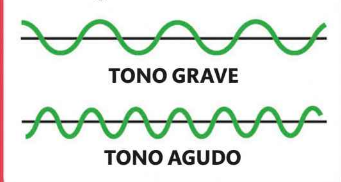
Más ondas por segundo producen un sonido más agudo

La persona detrás del vehículo oye un sonido grave

La persona frente al vehículo oye un sonido agudo

TONO

El tono de un sonido depende de la frecuencia de su onda: una frecuencia más alta dará un tono más agudo. La frecuencia se mide en hercios (Hz) y es el número de cimas y valles (o ciclos) que pasan por un punto cada segundo.



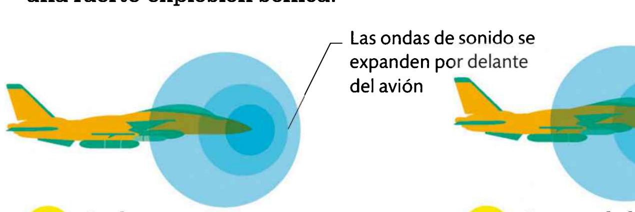
¿POR QUÉ EN EL ESPACIO NADIE TE PUEDE OÍR GRITAR?

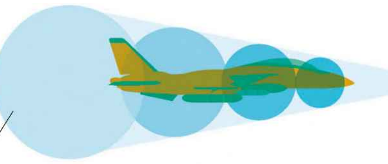
El sonido se transmite por ondas de presión que atraviesan un medio, como moléculas de aire. En el vacío del espacio no hay aire.

Supersónico

Muchos aviones a reacción viajan más deprisa que el sonido, por lo que pasan sobre nosotros antes de que los oigamos venir. Las ondas de sonido están tan comprimidas que crean una fuerte explosión sónica.

EL CANTO DE UNA **BALLENA AZUL** TIENE UN **VOLUMEN SUPERIOR A 180 dB**





1 Acelerar
Cuando el avión acelera, las ondas de sonido pueden dispersarse por delante, pero se juntan cada vez más a consecuencia del efecto Doppler.

2 Romper la barrera del sonido
A 1238 km por hora, el avión rompe la barrera del sonido. Adelanta a las ondas de sonido comprimidas y hace que se unan en una sola onda de choque.

3 Explosión sónica
La onda de choque se expande detrás del avión como un cono que se abre. Donde toca el suelo, se percibe como una fuerte explosión que sigue el camino del avión.

El calor

Los objetos calientes tienen energía interna, lo que hace que sus átomos y moléculas se muevan. Esto se llama energía térmica. El calor de un objeto con energía térmica alta pasa a zonas frías con menos energía térmica.

Más deprisa
Cuando un material obtiene energía térmica, sus átomos se mueven más deprisa y se nota caliente porque su energía térmica escapa al entorno más frío.



Los átomos del café se mueven más deprisa al calentarse y expandirse

CAFÉ CALIENTE

LECHE FRÍA



En un material más frío, como la leche fría, los átomos no se mueven demasiado

Transferencia de energía
Al añadir leche fría al café caliente, parte del calor del café se transfiere a la leche, calentando la leche y enfriando el café.

Cosas calientes

Al calentarse, los átomos de los sólidos y los líquidos empiezan a oscilar hacia delante y hacia atrás. En un gas, empiezan a revolotear y a chocar unos con otros. La masa no cambia, permanece igual, pero el espacio entre los átomos aumenta y la materia se expande.

600	873,15	1112
400	673,15	752
327,5	600,7	621,5
250	523,15	482
100	373,15	212
70,7	343,85	159,3

Temperatura

La temperatura indica la cantidad de energía térmica en una sustancia. La temperatura de esta se relaciona con la cantidad media de energía de sus partículas. Ciertos fenómenos naturales ocurren a temperaturas fijas. Por ejemplo, el agua hierve a 100 °C (212 °F). Estas temperaturas se usan como puntos fijos para crear una escala y comparar otras temperaturas.

Fuego de madera
Un fuego de madera puede ser bastante caliente como para fundir mena y obtener metal puro.

Gas de escape de un avión
El empuje de un avión a reacción proviene del movimiento rápido de moléculas de gas energizadas.

Punto de fusión del plomo
El plomo fue el primer metal en refinarse debido a su punto de fusión, que es relativamente bajo.

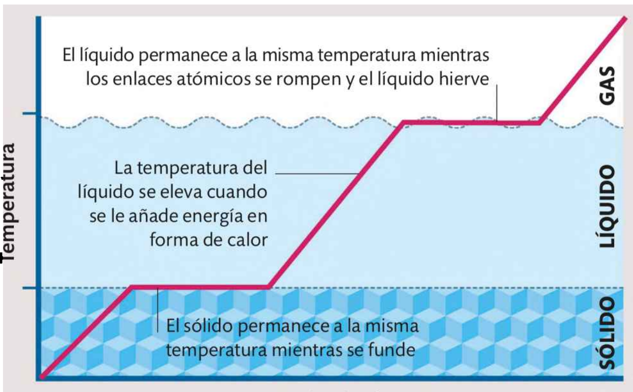
Máxima temperatura de un horno doméstico
Cocinar mucho tiempo a esta temperatura acaba por dañar las bandejas de metal.

El agua hierve
El segundo punto fijo de la escala Celsius, elegido porque es fácil de reproducir.

La temperatura más alta sobre la Tierra
Se registró en 2005 durante un estudio por satélite de temperaturas de superficie en el desierto iraní de Lut.

Calor latente

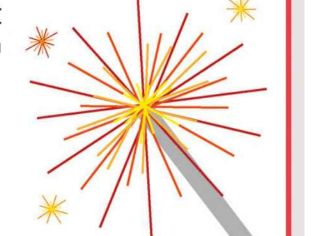
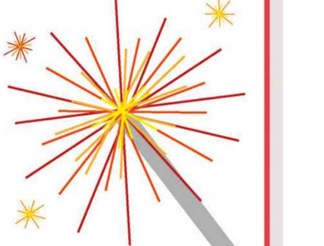
Cuando se añade energía térmica a una sustancia, el mayor movimiento de los átomos y las moléculas termina por romper los enlaces que los unen. La sustancia cambia de estado (ver pp. 22-23), por ejemplo hirviendo. Durante este cambio, el calor ya no hace que la sustancia se caliente más, sino que la energía trabaja como calor oculto o latente.



Efecto oculto
En lugar de incrementar el movimiento de los átomos y las moléculas, el calor latente rompe los enlaces entre ellos, por lo que la temperatura permanece constante brevemente durante el cambio de estado, aunque se añada energía. Una vez se han roto los enlaces, la temperatura asciende de nuevo.

ENERGÍA FRENTE A TEMPERATURA

Una bengala arde a unos 1000 °C y aunque sus chispas no queman la piel de una persona, la propia bengala sí quema. Aunque la pequeña chispa está a alta temperatura, su baja masa hace que su energía total sea muy pequeña, y por eso es inofensiva.

Las chispas son granos ardientes de hierro, magnesio, aluminio u otros metales

	°C	K	°F
Temperatura normal del cuerpo	37	310,15	98,6
El agua se congela	0	273,15	32
La temperatura más baja de la Tierra	-94,7	178,45	-138,5
El aire se licúa / Espacio exterior	-194,35	78,8	-317,8
Espacio exterior	-270	3,15	-454
Cero absoluto	-273,15	0	-459,67

Temperatura normal del cuerpo
Este fue, originariamente, el segundo punto fijo de la escala de Fahrenheit.

El agua se congela
Punto cero de la escala Celsius, que crea 100 grados entre el punto de congelación y el de ebullición.

La temperatura más baja de la Tierra
Se midió en el este de la Antártida en 2010.

El aire se licúa
La mayoría de los gases del aire se vuelven líquidos a esta temperatura.

Espacio exterior
La temperatura más baja en el espacio interestelar.

Cero absoluto
La temperatura teórica más baja, aunque es imposible que un objeto esté tan frío.

Escalas de temperatura
Hay tres escalas de temperatura principales: Celsius, Fahrenheit y Kelvin, creadas en 1724, 1742 y 1848, respectivamente.

37 °C (99 °F)
TEMPERATURA A LA QUE HIERVE EL AGUA A 18 000 M DE ALTITUD

Transferir calor

El calor puede transmitirse de un objeto a otro mediante tres procesos: conducción, convección y radiación. La forma en que lo haga depende de la estructura atómica del objeto.

¿QUÉ MATERIAL CONDUCE MEJOR EL CALOR?

El diamante está considerado el mejor conductor de calor: es más del doble de efectivo que el cobre y cuatro veces más que el aluminio.

Convección

El calor se mueve por los fluidos (líquidos y gases) mediante convección. Este proceso funciona según el principio de que los fluidos calientes suben y los fríos bajan. El calor expande los átomos y las moléculas de fluido, por lo que su volumen crece y su densidad decrece. Esto hace que el fluido caliente ascienda y el frío descienda y cree una corriente de convección que transfiere energía.

El aire caliente se expande por la habitación, transmitiendo su calor al entorno

El aire calentado por la estufa asciende

El aire más frío desciende para hacer sitio al aire caliente ascendente

Calentar el espacio
Calentadores de espacio, como una estufa de leña, usan la convección para expandir calor en una habitación. Los radiadores de los sistemas de calefacción centralizados hacen lo mismo.

El aire descendente es atraído por la estufa, donde se calienta para ascender de nuevo

Cuando la energía de movimiento se propaga por el metal, su temperatura aumenta

La energía de movimiento (cinética) se transfiere a otros átomos por medio de colisiones

Una fuente de calor hace que los átomos se muevan más

Los electrones libres fluyen entre los átomos, transfiriendo energía calórica por el metal

Materiales
Las ollas son de metal porque sus átomos son bastante libres y pueden chocar con sus vecinos.

Conducción

Los sólidos transmiten calor por conducción. Los átomos en una parte caliente del sólido vibran y chocan con los átomos colindantes regularmente. Estas colisiones transfieren energía de movimiento a los átomos cercanos, calentándolos. El proceso continúa hasta que el calor se ha expandido por todo el material.





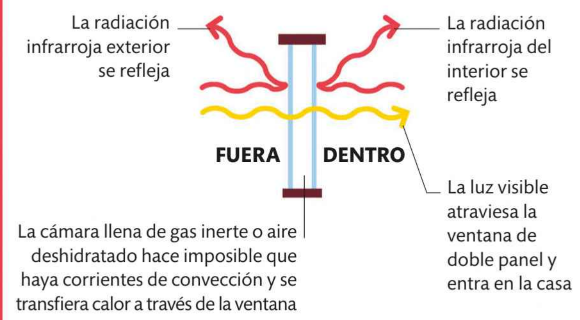


Radiación

El tercer proceso de transferencia de calor es la radiación. La energía calórica se transmite mediante una radiación invisible llamada infrarroja porque su frecuencia está por debajo de la luz visible roja (pero por encima de las ondas de radio). Todos los objetos calientes emiten infrarrojos, sobre todo el Sol. Un objeto con una gran superficie en relación con su volumen irradia calor –y se enfría– más rápidamente que un objeto que tenga una superficie que sea relativamente pequeña.

AISLAMIENTO

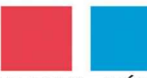
Los aislantes térmicos evitan la transferencia de calor. El aire es un mal conductor, por lo que algunos aislantes están llenos de aire. La ropa nos mantiene calientes atrapando aire cerca de nuestros cuerpos. El calor corporal no se transmite por el aire y se queda dentro. Las ventanas de vidrio doble con cámara constan de dos paneles de vidrio separados por una cavidad que se llena con un gas inerte o deshidratado. Estas ventanas, además, bloquean la radiación y la convección.

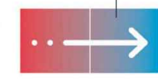


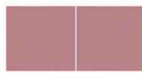
EQUILIBRIO TÉRMICO

Cuando dos objetos están en contacto físico, el calor se mueve del objeto más caliente al más frío, nunca al revés. El calor seguirá transfiriéndose hasta que los dos objetos tengan la misma temperatura. El estado en que ya no se transfiere más calor, se conoce como equilibrio térmico.

La energía calórica se propaga hasta distribuirse de manera uniforme







Fuerzas

El movimiento lo crea una fuerza actuando sobre una masa. Las fuerzas afectan a los objetos de forma distinta según su masa. La fuerza se mide en newtons (N). Un newton de fuerza (1 N) acelera en un segundo un objeto con masa de 1 kg a 1 m por segundo.

¿POR QUÉ UNOS OBJETOS REBOTAN Y OTROS SE ROMPEN?

Un objeto flexible se deforma al golpear una superficie, pero los frágiles apenas cambian de forma si se les aplica fuerza, y se rompen más fácilmente.

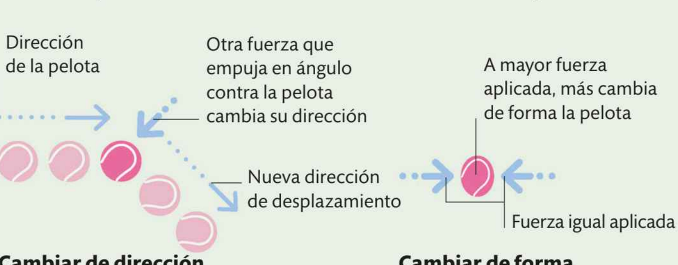
Transferencia de energía

Cuando dos objetos chocan, sus átomos se acercan. Los electrones –de carga negativa– en torno a los átomos se repelen unos a otros, por lo que los objetos no se fusionan en uno, sino que quedan separados a la fuerza. Esa fuerza transfiere energía de un objeto al otro, pero la cantidad total de energía permanece igual. Al mover energía de un objeto a otro, la fuerza crea un cambio en el equilibrio. Por ejemplo, altera el movimiento o cambia la forma de los objetos.



Acelerar
Una fuerza que actúa sobre una pelota de tenis hace que acelere, por lo que empieza a moverse y a aumentar de velocidad.

Desacelerar
Una fuerza que empuja contra el movimiento de la pelota la hace ir más despacio.

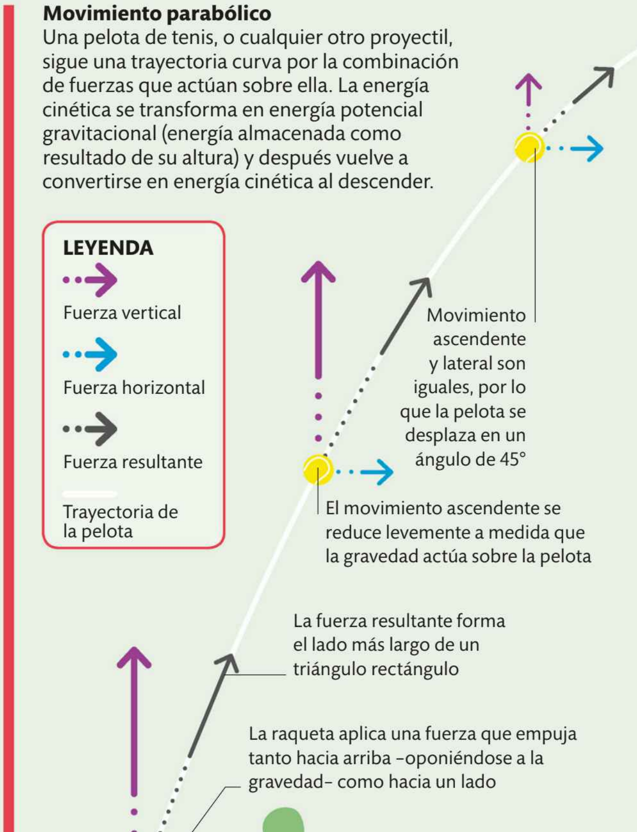


Cambiar de dirección
Se necesita otra fuerza que actúe en un ángulo diferente a la original para que la pelota de tenis cambie de dirección.

Cambiar de forma
La pelota cambia de forma porque la comprimen dos fuerzas opuestas e iguales.



Movimiento parabólico
Una pelota de tenis, o cualquier otro proyectil, sigue una trayectoria curva por la combinación de fuerzas que actúan sobre ella. La energía cinética se transforma en energía potencial gravitacional (energía almacenada como resultado de su altura) y después vuelve a convertirse en energía cinética al descender.

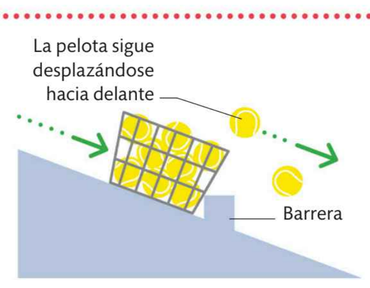


Inercia

La inercia es la resistencia de la materia a un cambio en su estado de movimiento, tanto en reposo como desplazándose. Hace falta una fuerza externa para vencerla. Una masa mayor tiene más inercia que una menor, por lo que la masa mayor requiere una fuerza mayor para alterar su estado de movimiento.



Movimiento igual
Cesta y pelotas se mueven a igual velocidad y en la misma dirección. Solo una fuerza puede cambiar su movimiento.



Cambio de inercia
Una fuerza (barrera) impide que la cesta siga moviéndose, pero la fuerza apenas afecta a las pelotas, que siguen moviéndose por la inercia.

La pelota pierde energía cinética, que es reemplazada por energía potencial. La pelota no se mueve arriba y abajo, solo lateralmente

La gravedad invierte la dirección vertical, pero el movimiento lateral continúa en la misma dirección

La gravedad tira hacia abajo de la pelota con la misma fuerza en cada fase de la trayectoria

GRAVEDAD

La aceleración de la gravedad hace que la pelota se desplace más hacia abajo que hacia un lado

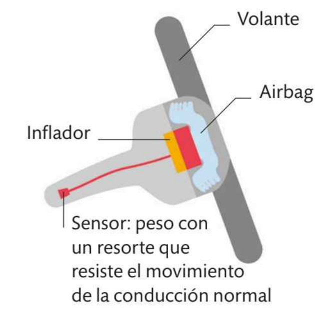
La gravedad permite que la pelota continúe acelerando hasta tocar el suelo

Fuerzas resultantes

Casi siempre hay más de una fuerza que actúa sobre un objeto y lo empuja en diferentes direcciones en distinta medida. Esas fuerzas individuales se combinan en una sola fuerza resultante. La fuerza resultante se calcula usando el teorema de Pitágoras, representando dos fuerzas con los lados más cortos de un triángulo rectángulo y el tamaño y la dirección de la fuerza resultante con el lado más largo o hipotenusa.

CÓMO ES UN AIRBAG

La inercia es uno de los peligros de un accidente automovilístico, pues los cuerpos siguen moviéndose al detenerse el coche bruscamente. Los airbags detectan un choque y se inflan, desacelerando a los pasajeros a una velocidad segura.



AIRBAG ANTES DEL IMPACTO



AIRBAG TRAS EL IMPACTO

Velocidad y aceleración

La velocidad es la rapidez a la que un objeto viaja en una determinada dirección. Un cambio en la velocidad de un objeto requiere que se aplique una fuerza y el índice de ese cambio se mide como una aceleración.

La velocidad

La velocidad mide la distancia recorrida en un lapso de tiempo (distancia que recorre un coche en una hora). Mide la rapidez, pero también incluye la dirección del movimiento. Dos coches en direcciones opuestas pueden moverse con la misma rapidez y tener diferentes velocidades. Un móvil tiene una velocidad relativa comparada con otros móviles diferente de su rapidez real.

Diferencia cero
Estos dos coches tienen la misma velocidad en cuanto a rapidez y dirección. Por tanto, su velocidad relativa es cero y se mantendrán a una distancia fija el uno del otro.



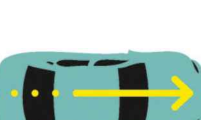




AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 30 KM/H

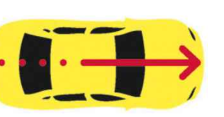
Adelantar
El coche amarillo se mueve 30 km/h más deprisa que el verde, por lo que tiene una velocidad relativa de 30 km/h con respecto a este.

AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 60 KM/H

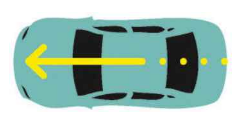


AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 30 KM/H

Enfrentados
Los vehículos se desplazan con la misma rapidez pero en direcciones opuestas. Sus velocidades relativas son ambas de 60 km/h.



AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 30 KM/H



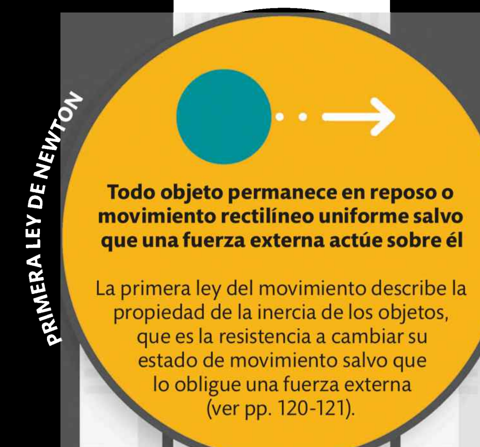
AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 30 KM/H

Las tres leyes en acción
Un cohete al despegar muestra las leyes de Newton en acción. Se necesita una fuerza para cambiar el estado de movimiento estacionario del cohete (primera ley); la aceleración del cohete depende de su masa y de la fuerza producida por el combustible en ignición (segunda ley); y el empuje proporcionado por los motores es contrarrestado por una fuerza equivalente y opuesta: la gravedad (tercera ley).

LANZADERA ESPACIAL
8,5 MINUTOS ACELERAR

VELOCIDAD DE 28 000 KM/H

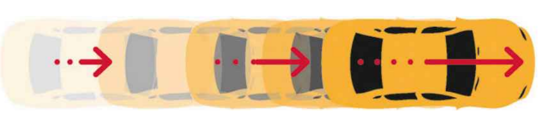
MOVIMIENTO ASCENDENTE



La aceleración

La aceleración es un cambio de velocidad y se mide en metros por segundo por segundo (m/s²). Desacelerar es también una aceleración en la que la velocidad disminuye. La aceleración se calcula restando la velocidad inicial de la velocidad final y dividiendo esta cifra por el tiempo transcurrido.

Aceleración
Si el coche dobla su velocidad en 1 minuto, su aceleración se calcula hallando el cambio de velocidad (6 m/s) y dividiéndolo por el tiempo transcurrido en segundos (60). Esto da 0,1 m/s por segundo, o 0,1 m/s².

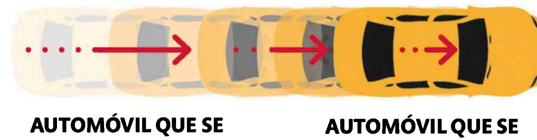


Cambiar de dirección
Un cambio de dirección, como un giro, es un cambio de velocidad. Como se necesita una fuerza, el giro es una aceleración aunque no varíe la rapidez.

AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 12 M/S

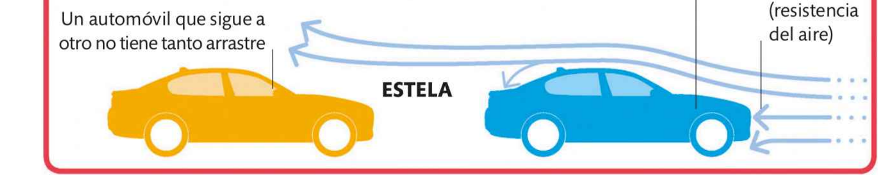
AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 12 M/S

Desaceleración
Si este coche reduce su rapidez a la mitad en 1 minuto, su aceleración sería de –0,1 m/s². Es un valor negativo porque la velocidad final (6 m/s) es menor que la velocidad inicial (12 m/s).



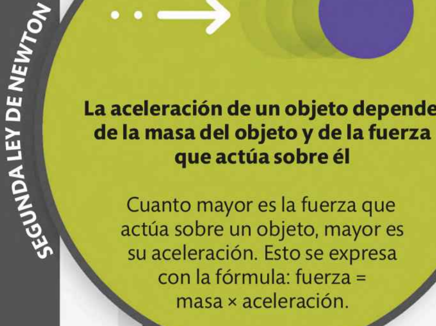
ESTELAS

Un objeto, al moverse por el aire, va apartándolo a su paso. El aire regresa a su lugar creando arrastre. El arrastre puede reducirse moviéndose dentro de otra estela –un área con arrastre reducido–. Esto permite que un coche viaje detrás de otro a la misma velocidad pero gastando menos combustible.



FUERZA DESCENDENTE

SEGUNDA LEY DE NEWTON



La aceleración de un objeto depende de la masa del objeto y de la fuerza que actúa sobre él

Cuanto mayor es la fuerza que actúa sobre un objeto, mayor es su aceleración. Esto se expresa con la fórmula: fuerza = masa × aceleración.

TERCERA LEY DE NEWTON

Por cada acción en la naturaleza hay una reacción opuesta

El término *acción* significa fuerza aplicada, y la *reacción* es una fuerza equivalente que siempre se opone en sentido contrario. Esta ley muestra que una fuerza no existe sola, sino únicamente como interacción entre dos objetos.

Las leyes del movimiento

El movimiento se rige por tres leyes que muestran las relaciones entre la masa de un objeto, las fuerzas que actúan sobre él y las aceleraciones resultantes. Las leyes del movimiento fueron publicadas por Isaac Newton en 1687. Son muy precisas en la mayoría de los casos, pero Albert Einstein teorizó en 1905 que dejan de ser válidas cuando los objetos se aproximan a la velocidad de la luz (ver pp. 140-141).

Máquinas

Las máquinas simples son dispositivos que convierten un tipo de fuerza en otro. Hay seis máquinas simples y algunas no parecen máquinas en absoluto.

LEONARDO DA VINCI DENOMINÓ **TORNILLO AÉREO** A UN PRIMITIVO **DISEÑO** PRECURSOR DEL **HELICÓPTERO**

Seis máquinas simples

Como casi todos los dispositivos mecánicos, una bicicleta es una combinación de máquinas simples. Algunas, como el mecanismo de la cadena y las palancas de freno, tienen una función mecánica clara. Otras son menos obvias porque se usan para hacer ajustes y reparaciones o para poder pedalear cuesta arriba. En conjunto, una bicicleta necesita las seis máquinas simples: la palanca, la polea, el torno, el tornillo, la cuña y el plano inclinado.

TORNILLO

Tuerca roscada en un tornillo

Apretar el tornillo que ajusta el sillín transforma una gran rotación en una pequeña cantidad de compresión muy potente. Esencialmente, es una palanca muy larga y en espiral.

CUÑA

Al meter una herramienta bajo el neumático para sacarlo de la llanta usamos el principio de la cuña. Una fuerza de empuje se transforma en una fuerza mayor de separación que actúa en una distancia más corta.

La cuña separa el neumático de la llanta

La llanta se usa como fulcro

POLEA

La rueda más pequeña gira más deprisa

La cadena de la bicicleta es básicamente un sistema de polea: una rueda que impulsa a otra tirando de un tipo de cable. Los tamaños relativos de las ruedas determinan su rapidez relativa y su potencia.

TORNO

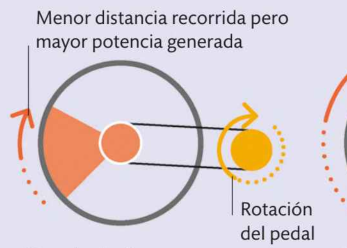
La llanta se mueve más rápidamente

Una rueda gira sobre un eje fijo, venciendo la fricción (ver pp. 126-127) al actuar como una palanca. Convierte el gran movimiento de la corona en un pequeño pero potente giro del eje.

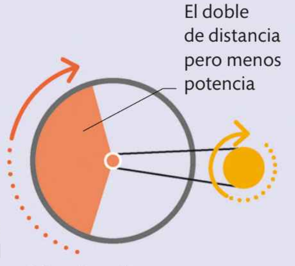
El eje se mueve despacio

Relación de transmisión

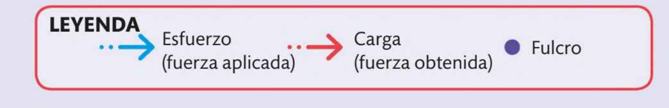
Todas las máquinas aplican el principio de la relación de transmisión, que es una medida de la amplificación de la fuerza. Esto significa que nos permiten convertir un movimiento grande en un movimiento más pequeño pero de mayor potencia, como abrir con una palanca la tapa de un bote. Pero también funciona al revés, como cuando un pescador aplica fuerza al cabo de una caña de pescar para balancear la puntera en un amplio arco. Más movimiento da menos potencia, y viceversa.



Marcha baja
Una marcha baja convierte la rotación del pedal en mayor potencia para subir cuestas, a cambio de perder velocidad.

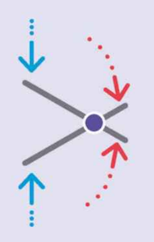


Marcha alta
Cambiar a una marcha más alta al llegar a lo alto de una cuesta incrementa la velocidad.

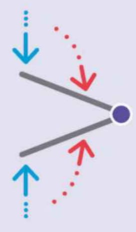


Clases de palancas

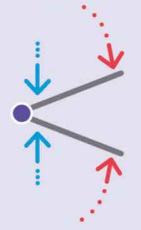
Hay tres clases de palancas, según dónde se sitúen la carga y el esfuerzo respecto al fulcro. Pueden elegirse palancas diferentes para incrementar la energía o el movimiento en distintas direcciones.



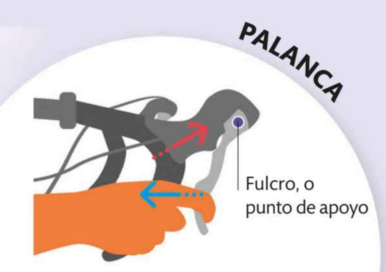
Primera clase
La carga y el esfuerzo se sitúan en lugares opuestos del fulcro. Por ejemplo, unas tijeras o unas tenazas.



Segunda clase
La carga se sitúa entre el esfuerzo y el fulcro. Un ejemplo de palanca de segunda clase es un cascanueces.



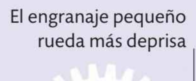
Tercera clase
El esfuerzo se aplica entre la carga y el fulcro, como en unas pinzas.



Los frenos funcionan con una palanca que pivota sobre un punto de apoyo. La palanca convierte una fuerza pequeña en una grande pues la primera actúa sobre una distancia mayor. Apretar la palanca tensa un cable y hace que las zapatas aprieten la llanta.

Relación de engranajes

La energía en forma de fuerza giratoria, o par motor, suele transmitirse por medio de los «dientes» de los engranajes. Si la rueda más grande tiene el triple de dientes que la más pequeña, hará que esta gire tres veces más deprisa. Varios engranajes juntos reciben el nombre de tren de engranajes.



Relación de engranajes
Un engranaje grande impulsando uno pequeño aumenta la velocidad. Lo contrario da más potencia.



No se puede pedalear por una pared vertical. Un plano inclinado o rampa resuelve el problema a costa de incrementar la distancia que debe recorrerse.

Fricción y rozamiento

La fuerza de rozamiento es una fuerza de resistencia que ocurre cuando hay fricción entre dos objetos o sustancias, y va en sentido contrario al movimiento. Cuando un objeto avanza a través de un líquido o un gas, se conoce como arrastre.

Fuerzas opuestas

La fuerza de rozamiento se genera cuando las superficies de dos materiales se tocan. A nivel microscópico, las superficies nunca son lisas y las pequeñas hendiduras se agarran unas a otras cuando las superficies se mueven en direcciones diferentes. Cada enganche aplica una fuerza minúscula, pero juntas generan una fuerza de resistencia que ralentiza o detiene el movimiento. Si las dos superficies se mueven a la vez, la fricción convierte la energía cinética en energía térmica o calor.

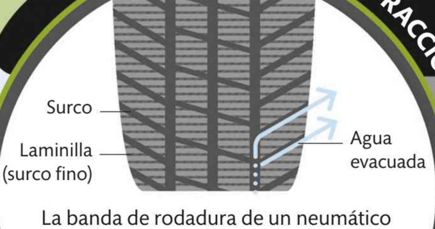
Frotamiento
El rozamiento se relaciona con la aspereza de las superficies. El contacto entre superficies está causado por el peso de un objeto sobre otro.



Deslizarse sin trabas
El hielo resbala porque una fina capa de agua lo separa de otras superficies, por lo que hay muy poco contacto. Por eso el rozamiento es muy pequeño.

EL **TREN DE LEVITACIÓN MAGNÉTICA** IMPIDE LA **FRICCIÓN** ENTRE EL **TREN** Y LA **VÍA** Y HACE QUE LOS VAGONES **LEVITEN**

Agarrarse a la carretera
La superficie de un neumático está llena de hendiduras. Esta aspereza le da más «agarre» al neumático que así conecta más con la áspera superficie de la carretera. Unos surcos en su superficie evacuan el agua. La adherencia y la deformación le ayudan a agarrarse a la carretera, pero demasiada presión deforma la goma más allá de la recuperación elástica y la superficie se rompe.



La banda de rodadura de un neumático está pensada para maximizar la tracción en ciertas condiciones, como lluvia o nieve. Los neumáticos canalizan el agua de la lluvia para que no reduzca el contacto entre el neumático y la carretera y cree problemas de tracción.

LUBRICACIÓN

La fricción entre las partes móviles de una máquina causa desgaste cuando los componentes se frotan unos con otros. Para reducirlo, se cubren los componentes con lubricante con base de aceite. Esto aporta una barrera resbaladiza entre las superficies y es lo bastante adherente para cubrirlas por mucho tiempo.



Agarre y tracción

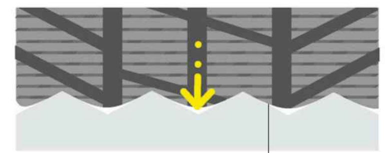
Los neumáticos de un automóvil están diseñados para agarrarse a la carretera en los giros y propulsar el vehículo hacia delante. Sin el agarre suficiente, las ruedas derraparían.

Contacto incrementado
Una carga pesada empuja más los neumáticos contra el suelo, lo que aumenta el área de contacto e incrementa la fuerza de fricción.

CARGA VERTICAL PEQUEÑA

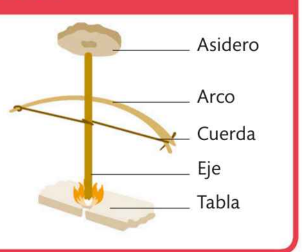


CARGA VERTICAL GRANDE



USAR LA FRICCIÓN PARA HACER FUEGO

Algunas formas comunes de hacer fuego se valen de la fricción, como raspar un pedernal sobre una superficie dura para crear una chispa. Un taladro de arco requiere mover un arco rápidamente de izquierda a derecha, lo cual hace que una madera dura gire en una muesca llena de serrín en una tabla. El calor de la fricción prende fuego al serrín.

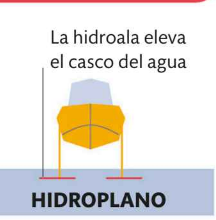


Reducir el arrastre

El arrastre es la fricción de los objetos en fluidos como agua o aire. Las alas de un avión y el casco de un barco se diseñan para reducirlo. El casco de un trimarán o una hidroala limitan el área de contacto con el agua. Los extremos alares de los aviones controlan el flujo de turbulencias aéreas para reducir el arrastre.

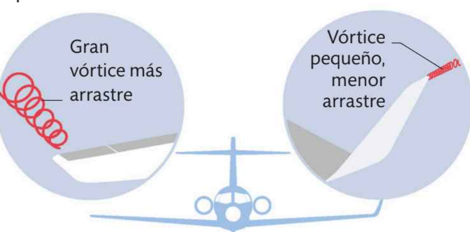


Contacto limitado con el agua
Un trimarán tiene tres cascos con una superficie relativamente pequeña para así reducir el arrastre.



Superficies de elevación
Un hidroplano usa hidroalas para elevar el aparato por encima del agua, reduciendo en gran medida el arrastre.

Vórtices de extremo alar
Los extremos alares crean vórtices que aumentan el consumo de combustible. Añadir aletas reduce el tamaño del extremo y, por consiguiente, el arrastre.



EXTREMO ALAR NORMAL

ALETA CURVA

ADHERENCIA

DIRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO

NEUMÁTICO

CARRETERA

Se forma un enlace molecular

Se rompe el enlace

La superficie de goma contiene moléculas con enlaces químicos sobrantes. Cuando la goma toca la carretera, forma enlaces débiles con esta, con lo que los materiales se pegan brevemente y se separan cuando los enlaces se rompen.

DEFORMACIÓN

DIRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO

NEUMÁTICO

CARRETERA

Goma deformada por las protuberancias del asfalto

La goma es flexible, aunque se hace más rígida por el aire a alta presión de dentro. El neumático se deforma por el peso del vehículo en las protuberancias de la carretera. Eso hace que el peso se concentre en esos puntos, mejorando el agarre.

ROTURA

DIRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO

NEUMÁTICO

CARRETERA

Goma rota

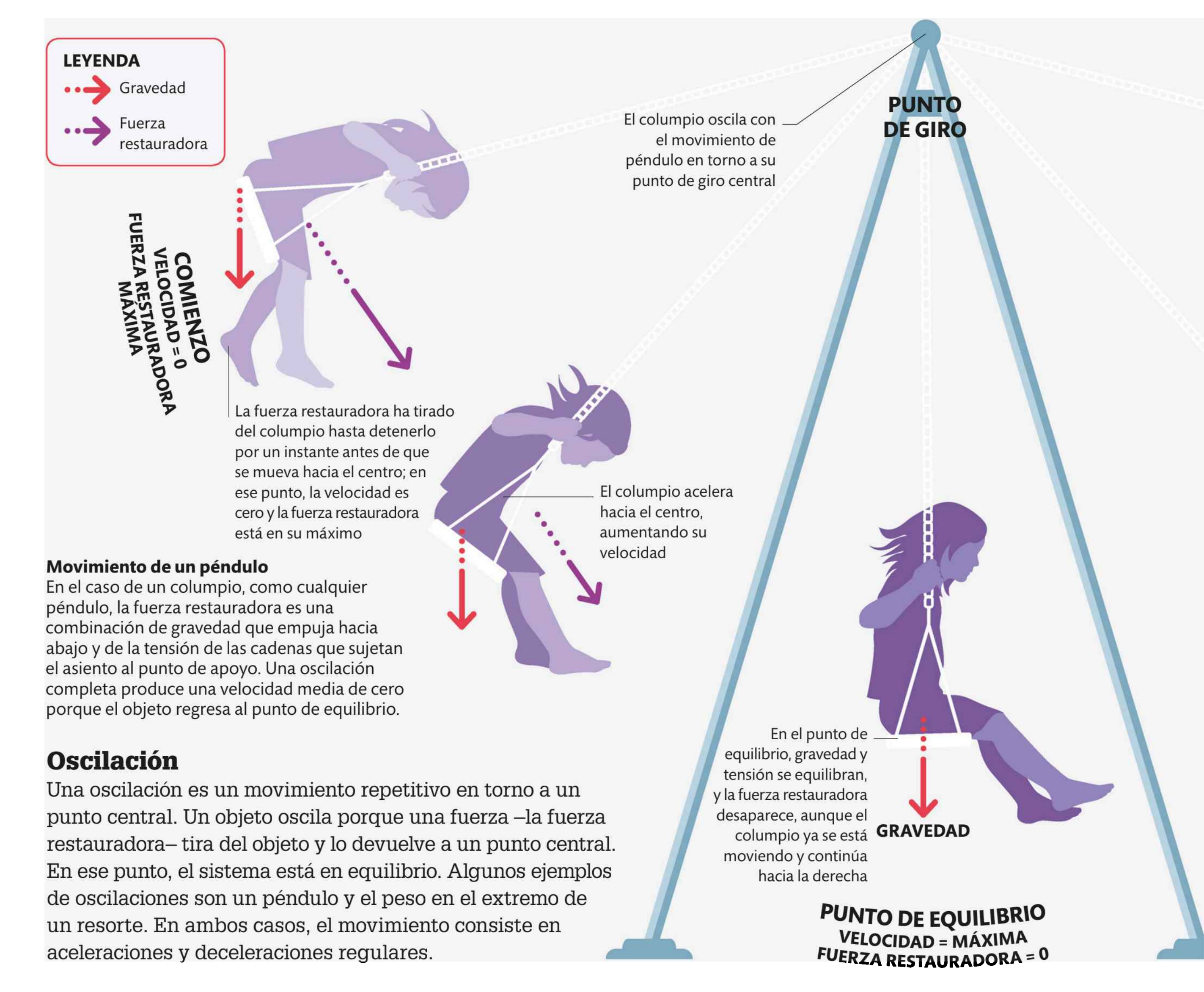
La goma se estira y comprime sin cambiar permanentemente o romperse, pero fuerzas grandes pueden estropear la superficie del neumático, reduciendo su capacidad para deformarse. Habrá que reemplazarlo o explotará.

Resortes y péndulos

Un resorte es un objeto elástico que vuelve a su forma original tras comprimirlo o estirarlo. Posee una fuerza llamada fuerza restauradora, algo clave para entender el movimiento armónico simple, en el que una masa oscila en torno a un punto central. Este rasgo lo comparte con el movimiento de un péndulo.

¿DÓNDE HAY RESORTES EN CASA?

Usamos resortes en cientos de objetos cotidianos: colchones, relojes, interruptores de la luz, tostadoras, aspiradoras, goznes de puertas...



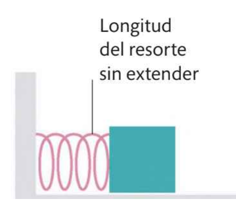
Movimiento de un péndulo
En el caso de un columpio, como cualquier péndulo, la fuerza restauradora es una combinación de gravedad que empuja hacia abajo y de la tensión de las cadenas que sujetan el asiento al punto de apoyo. Una oscilación completa produce una velocidad media de cero porque el objeto regresa al punto de equilibrio.

Oscilación

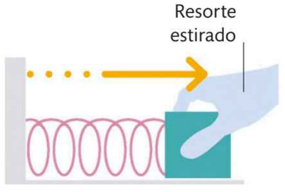
Una oscilación es un movimiento repetitivo en torno a un punto central. Un objeto oscila porque una fuerza –la fuerza restauradora– tira del objeto y lo devuelve a un punto central. En ese punto, el sistema está en equilibrio. Algunos ejemplos de oscilaciones son un péndulo y el peso en el extremo de un resorte. En ambos casos, el movimiento consiste en aceleraciones y deceleraciones regulares.

Fuerzas elásticas

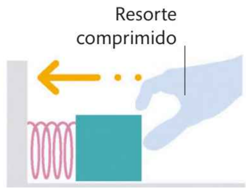
Un resorte (o muelle) es un objeto especialmente elástico, es decir, que puede cambiar temporalmente de forma y recuperarla de golpe. Cuando una masa tira de él, se extiende. La extensión crea una fuerza restauradora en el resorte que lo devuelve a su forma original. Cuando la fuerza restauradora equivale a la fuerza que deforma el resorte, la extensión se detiene.



Estado de reposo
La masa en el extremo del resorte no ejerce fuerza sobre él. Esto se llama punto de equilibrio.



Fuerza de estiramiento
Mover la masa crea una fuerza restauradora en el resorte que la empuja de nuevo al punto de equilibrio.



Fuerza de compresión
Apretar el resorte y soltarlo excede el punto de equilibrio, pero la fuerza restauradora lo estira de nuevo.



1353 M
ES LA LONGITUD DEL PÉNDULO MÁS LARGO DEL MUNDO

Deformación

Algunas fuerzas pueden cambiar la forma de un material. Una fuerza de estiramiento causa una deformación elástica y, al desaparecer, la fuerza restauradora lo devuelve a su forma original. Si la fuerza de estiramiento aumenta, se excederá el límite elástico y el cambio será permanente.



Módulo de Young

Los ingenieros necesitan saber lo rígida que es una sustancia para aprender a construir con ella. La elasticidad de una sustancia se mide como su módulo de Young, que indica la fuerza necesaria para deformarlo. Se mide en pascales, la unidad de presión. Un módulo de Young alto significa que el material es rígido y apenas cambia de forma al estirarlo. Un valor bajo significa que la sustancia puede someterse a grandes deformaciones elásticas.

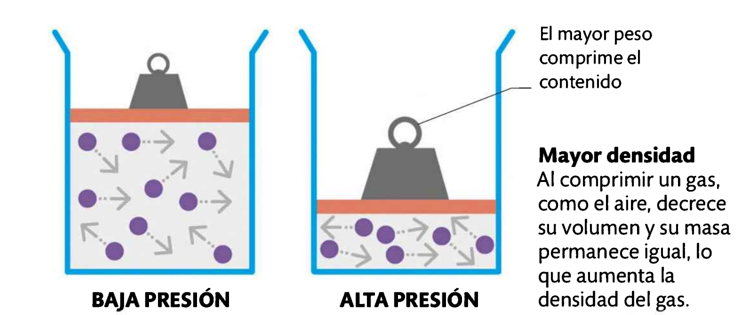
Sustancia	Módulo de Young (pascales)
Goma	0,01–0,1
Madera	11
Hormigón de alta resistencia	30
Aluminio	69
Oro	78
Vidrio	80
Esmalte dental	83
Cobre	117
Acero inoxidable	215,3
Diamante	1050–1210

Presión

La presión es la fuerza sobre una superficie dividida por el área de la superficie. Puede aplicarse a cualquier medio y por cualquier medio, incluso el agua y el aire.

Presión en los gases

Cuando se aplica una fuerza sobre un gas, este se comprime a un volumen menor. Las moléculas se aprietan unas con otras hasta que dejan de comportarse como moléculas de gas y se convierten en líquido. Por eso una bombona de gas a presión contiene líquido. Al abrir la válvula, se relaja la presión y el líquido se convierte de nuevo en gas.



Mayor densidad
Al comprimir un gas, como el aire, decrece su volumen y su masa permanece igual, lo que aumenta la densidad del gas.

CÓMO FUNCIONA UNA OLLA A PRESIÓN

A la presión atmosférica, el agua hierve a 100 °C. Al estar cerrada, el vapor queda dentro de la olla, lo que aumenta la presión. Con ello, aumenta el punto de ebullición del agua y su temperatura y la comida se cuece más deprisa.

El vapor atrapado aumenta la presión

El agua alcanza los 121 °C

Presión a altitud y a profundidad
La presión atmosférica se mide en atmósferas (atm) o pascales (Pa). La presión al nivel del mar es de 1 atm (101 325 Pa). La presión decrece al aumentar la altitud, pues decrece la densidad del aire. Como el aire es un gas, puede expandirse y hacerse menos denso. La presión del agua del océano crece con la profundidad, pero su densidad es constante.

11 000 M — AVIÓN COMERCIAL — 0,21 ATM

9000 M — CIMA DEL MONTE EVEREST — 0,31 ATM

7500 M — «ZONA DE LA MUERTE» EN EL MONTAÑISMO — 0,35 ATM

6000 M

4500 M — CIMA DEL MONT BLANC — 0,55 ATM

3000 M — ALTITUD DE UN SALTO DE PARACAIDISMO — 0,69 ATM

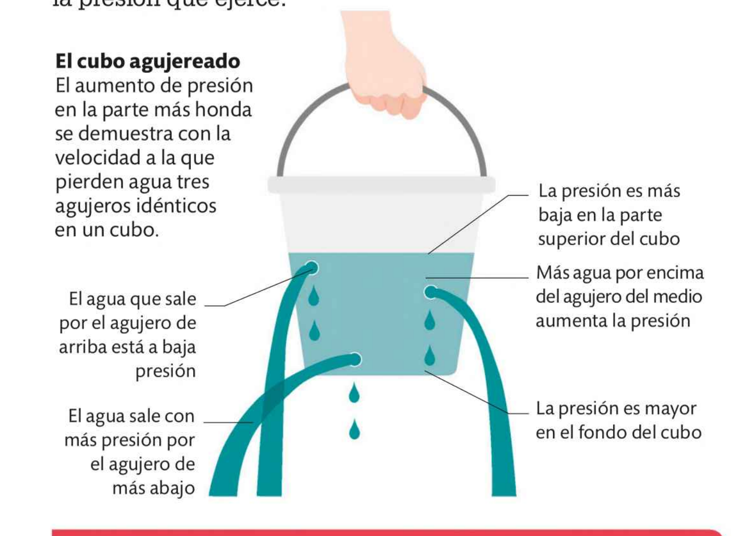
1500 M — BURJ KHALIFA, DUBÁI — 0,91 ATM

0 M — NIVEL DEL MAR — 1 ATM

PROFUNDIDAD TÍPICA DE BUCEO — 2,97 ATM

Presión en los líquidos

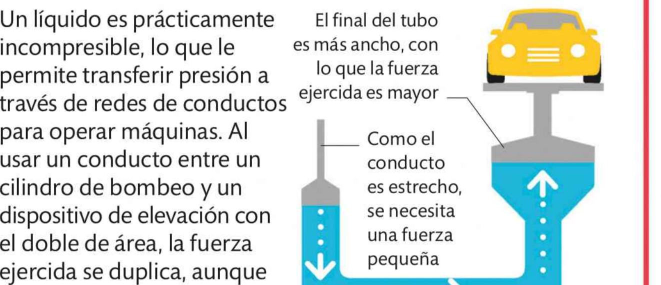
A diferencia de los gases, es muy difícil comprimir el volumen de los líquidos con presión. Cualquier presión aplicada a un líquido se transfiere a través de él. Así, si en un conducto hay un líquido, una presión aplicada a un extremo pasará hasta el otro extremo. La presión aumenta en la profundidad por el peso del agua de arriba, por eso las paredes de las presas son más gruesas en la base. La presión también está afectada por la densidad. Cuanto más denso es un líquido, mayor es la presión que ejerce.



El cubo agujereado El aumento de presión en la parte más honda se demuestra con la velocidad a la que pierden agua tres agujeros idénticos en un cubo.

HIDRÁULICA

Un líquido es prácticamente incompresible, lo que le permite transferir presión a través de redes de conductos para operar máquinas. Al usar un conducto entre un cilindro de bombeo y un dispositivo de elevación con el doble de área, la fuerza ejercida se duplica, aunque la presión permanece igual.





LA PRESIÓN EN EL ABISMO DE CHALLENGER ES 1099 VECES LA DE LA SUPERFICIE DEL MAR

El vuelo

La tecnología del vuelo usa dos principios muy diferentes. Los globos y los dirigibles se basan en que el aire caliente y gases como el hidrógeno y el helio flotan hacia arriba. Todas las demás aeronaves dependen de la generación de sustentación por medio de alas y rotores.

Más ligero que el aire

Un globo normal se eleva hacia el cielo porque está lleno de un gas más ligero que el aire de fuera. La mayoría de los globos tripulados consiguen esto calentando aire para que se expanda, lo que lo hace menos denso y, por tanto, más ligero que el aire frío. Los dirigibles suelen contener hidrógeno o helio. El helio también se usa para hinchar globos en las fiestas. El hidrógeno es el doble de ligero que el helio, pero es muy inflamable, mientras que el helio no es inflamable.



La sustentación en un globo
Cuando se calienta aire, sus moléculas se separan. Al haber menos moléculas en el mismo volumen, el aire del globo es menos denso.

ARRASTRE

SUSTENTACIÓN

Un timón vertical desvía el aire hacia los lados para guiar el avión

Los timones de profundidad controlan el ángulo de ascenso y de descenso

Los *flaps* del borde de ataque incrementan o disminuyen la sustentación del ala

Vuelo propulsado

Las aeronaves de alas fijas y los helicópteros son más pesados que el aire. Vuelan usando alas o rotores especialmente diseñados para desviar el aire y reducir la presión sobre ellos. El ángulo entre las alas y el aire contrario es crucial. Para despegar, se extienden los *flaps* de las alas del avión para incrementar el ángulo de ataque y la curvatura del ala, creando así la máxima sustentación posible.

MOVIMIENTO

La diferencia de presión del aire encima y debajo del ala causa la sustentación

SUSTENTACIÓN

Presión más baja ejercida por el aire rápido

AIRE RÁPIDO

ALA

AIRE LENTO

Presión más alta ejercida por el aire más lento

El ángulo de caída de la superficie superior del ala permite que el aire fluya más deprisa

1 Preparándose para despegar
Una aeronave necesita moverse hacia delante para forzar aire sobre sus alas y generar sustentación para despegar. Mientras acelera, sus *flaps* incrementan la sustentación a baja velocidad.

2 El efecto Bernoulli
La presión varía en función del movimiento de un medio. Es el efecto Bernoulli. La superficie superior del ala tiene una curva más larga que la inferior, para que el aire fluya más rápidamente por encima. Esto reduce la presión sobre el ala y crea sustentación.



EN **CUALQUIER MOMENTO** HAY EN EL AIRE UNOS **9250 AVIONES DE PASAJEROS**

SUSTENTACIÓN

Los *flaps* del borde de salida del ala aumentan la sustentación durante el despegue e incrementan el arrastre para frenar al avión durante el aterrizaje. En el vuelo a nivel, se retraen

El propulsor impulsa al avión hacia delante dirigiendo una masa de aire hacia atrás

EMPUJE

GRAVEDAD

3 Vuelo a nivel
La sustentación generada por las alas contrarresta la fuerza de la gravedad, pero solo si el empuje del motor mantiene a la aeronave moviéndose hacia delante lo bastante rápido. Este empuje también debe vencer el arrastre de las fuerzas de sustentación.

¿CUÁL ES EL AVIÓN MÁS PESADO?

El avión de carga Antonov An-225 se fabricó en 1985. Tiene un peso máximo de 640 toneladas y está impulsado por seis motores de turboventilador.

CÓMO GENERA SUSTENTACIÓN UN HELICÓPTERO

Las rápidas palas del rotor de un helicóptero generan la sustentación que lo mantiene en el aire. Al mover hacia delante un control llamado palanca del cíclico, se altera el ángulo de los rotores, impulsando el helicóptero por el aire.

PALAS

INCLINACIÓN

PALANCA DEL CÍCLICO

MOVIMIENTO

El desequilibrio en la sustentación hace que finalmente el helicóptero se incline y avance

Inclinar el plato cíclico hace que las palas del rotor cabeceen, lo que aumenta el ángulo de ataque y la sustentación

Primero, el piloto mueve la palanca del cíclico hacia delante, lo que inclina el plato cíclico

Línea de Kármán

La densidad del aire decrece con la altitud. Esto reduce el arrastre y permite volar más deprisa, pero también obliga a volar a mayor velocidad para generar sustentación. No se puede volar por sustentación en el aire sobre los 100 km de altitud. Es la línea de Kármán considerada el límite entre la atmósfera terrestre y el espacio.

TERMOSFERA 80-600 KM

En órbita
Para mantenerse en vuelo por encima de la línea de Kármán, un objeto debe moverse a velocidad orbital, la velocidad a la que la fuerza centrífuga contrarresta la gravedad (ver pp. 214-215).

29 000 km/h

LÍNEA DE KÁRMÁN 100 km

Velocidad a la que debe volar una aeronave para mantenerse en el aire

MESOSFERA 50-80 km

ESTRATOSFERA 16-50 km

Velocidad a la que debe volar un avión comercial para permanecer a una altitud de 12 km

TROPOSFERA 0-16 km

900 km/h

Cómo funciona la flotabilidad

La flotabilidad es una fuerza ascendente ejercida por líquidos y gases sobre sólidos. Funciona en equilibrio con la densidad. Si un objeto es demasiado denso, la flotabilidad no basta para impedir que se hunda.

¿Qué es la flotabilidad?

Cuando se sitúa un objeto en un fluido –líquido o gas–, el objeto desplaza un volumen de fluido equivalente a su volumen. Si el objeto es más denso que el fluido, el volumen desplazado pesará menos que el objeto, por lo que este se hunde. Pero un objeto menos denso que el fluido flota porque la fuerza de flotabilidad contrarresta su peso.

¿POR QUÉ ARQUÍMEDES GRITÓ «EUREKA»?

Porque descubrió que todo objeto más pesado que el agua desplaza su volumen en agua, algo muy útil para medir el volumen de objetos de cualquier forma.

Hundimiento
Una pesa de acero macizo es ocho veces más densa que el agua. Al hundirse una pesa de 5000 toneladas, desplaza su volumen de agua, pero esa agua pesa solo 625 toneladas. El peso del agua ejerce una pequeña fuerza de flotamiento hacia arriba, pero no contrarresta la fuerza del peso del acero, por lo que la pesa se hunde.

PESO

5000 TONELADAS

Esta pesa de acero es pequeña y densa, sin huecos de aire

La pesa se hunde

La fuerza de flotabilidad es de 625 toneladas, insuficiente para evitar que la pesa se hunda

FLOTABILIDAD

PESO

La fuerza descendente es un peso de 5000 toneladas

5000 TONELADAS

La carga aumenta la densidad media del barco, pero aún hay huecos de aire, lo que lo hace menos denso que el agua

AIRE DENTRO DEL CASCO

CASCO DE ACERO

El aire dentro del barco lo hace menos denso que el agua

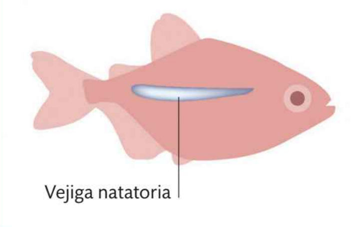
El agua se opone al peso del barco con una fuerza de flotabilidad equivalente de 5000 toneladas

FLOTABILIDAD

A flote
Un barco de carga de acero está lleno de aire, por lo que su densidad media es menor que la del agua. Desplaza su peso entero de 5000 toneladas y permanece a flote, sostenido por 5000 toneladas de mar.

VEJIGA NATATORIA

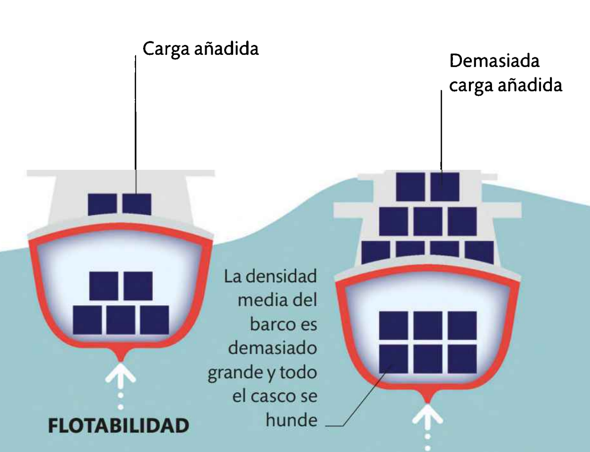
Como los submarinos, algunos peces ascienden liberando gas disuelto en su sangre a través de la vejiga natatoria. Esto incrementa el volumen de la vejiga, haciendo que el pez sea menos denso y ascienda. Para hundirse, el gas se disuelve de nuevo en la sangre, haciendo que la vejiga se encoja.



Peso y densidad

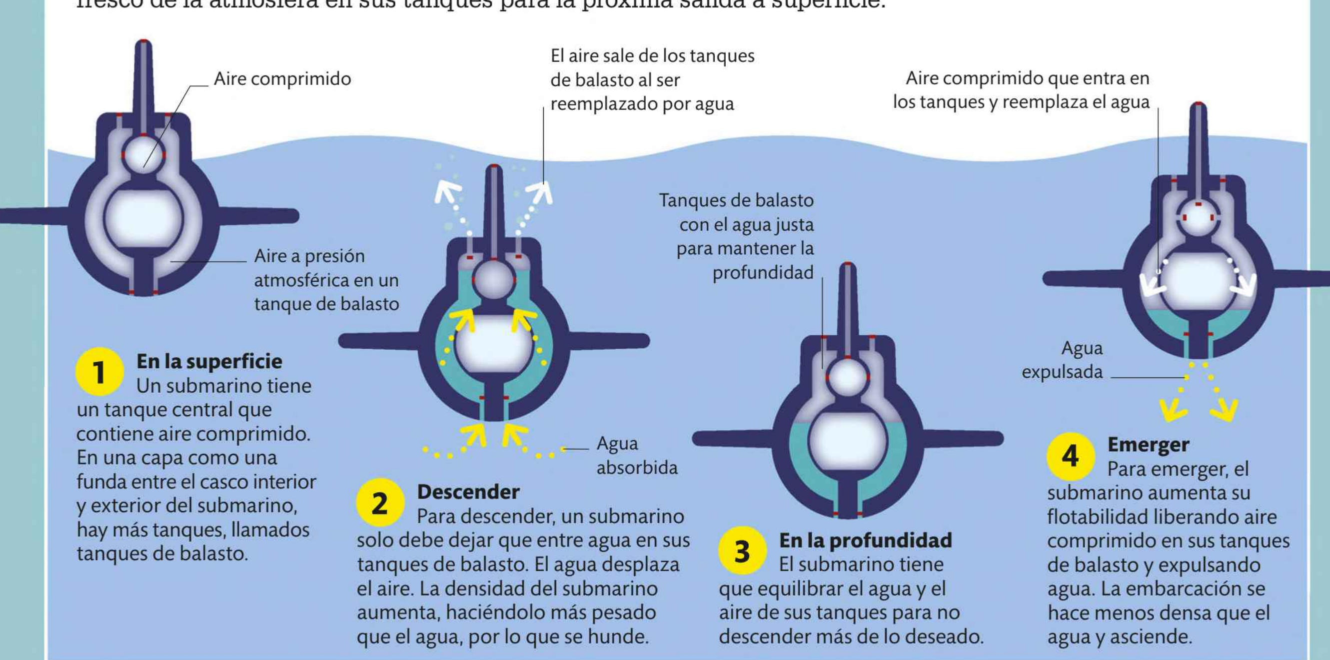
Al introducir carga en un barco, sus espacios de aire se llenan de cargamento, más pesado, y su densidad media aumenta. Cada vez que se carga un contenedor, el barco se hunde más en el agua, porque su mayor peso desplaza más agua hasta hallar un nuevo equilibrio entre peso y flotabilidad. La línea de flotación de la mayor carga segura (línea de Plimsoll) se pinta en el casco del barco.

LOS OBJETOS FLOTANTES DESPLAZAN SU MISMO VOLUMEN DE AGUA



Submarinos

Para hundirse o regresar a la superficie a voluntad, los submarinos manipulan su densidad media con tanques de aire comprimido. En tanto posean una fuente de energía, pueden hacerlo indefinidamente, pues en la superficie bombean aire fresco de la atmósfera en sus tanques para la próxima salida a superficie.



1 En la superficie Un submarino tiene un tanque central que contiene aire comprimido. En una capa como una funda entre el casco interior y exterior del submarino, hay más tanques, llamados tanques de balasto.

2 Descender Para descender, un submarino solo debe dejar que entre agua en sus tanques de balasto. El agua desplaza el aire. La densidad del submarino aumenta, haciéndolo más pesado que el agua, por lo que se hunde.

3 En la profundidad El submarino tiene que equilibrar el agua y el aire de sus tanques para no descender más de lo deseado.

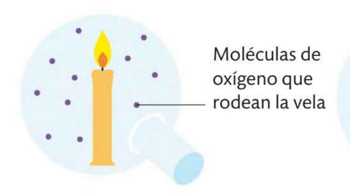
4 Emerger Para emerger, el submarino aumenta su flotabilidad liberando aire comprimido en sus tanques de balasto y expulsando agua. La embarcación se hace menos densa que el agua y asciende.

El vacío

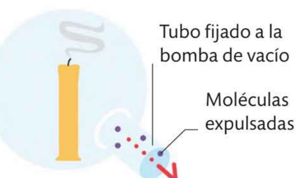
Un vacío perfecto es una región de espacio vacío que no contiene materia. Esto nunca se ha observado en la práctica (incluso el espacio exterior contiene algo de materia, que ejerce una presión considerable), por lo que los vacíos en el mundo real se llaman vacíos parciales.

¿Qué es un vacío?

En el siglo XVIII, se consiguió crear un vacío usando una bomba para absorber el aire de un recipiente. Los experimentos mostraron que una llama se apagaba y que el sonido no podía pasar a través del vacío porque el sonido necesita un medio. La luz no necesita un medio y puede atravesar el vacío.



Llama en el aire
Una vela arde dentro de un recipiente lleno de aire. El oxígeno del aire reacciona con la cera y crea calor y luz.



Llama extinguida
Succionar el aire para crear un vacío provoca que la llama se extinga. Esto es porque la combustión necesita oxígeno.

Medio	Presión (pascales)	Moléculas por centímetro cúbico
Atmósfera normal	101 325	$2,5 \times 10^{19}$
Aspiradora	aprox. 80 000	1×10^{19}
Termosfera de la Tierra	1-0,0000007	10^{7}-10^{14}
Superficie de la Luna	1-0,000000009	400 000
Espacio interplanetario		11
Espacio intergaláctico		0,000006

CÓMO FUNCIONA UN TERMO

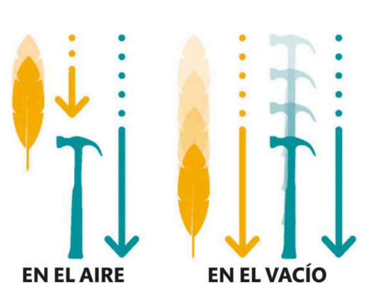
Un termo usa vacío para impedir que los líquidos calientes se enfríen y que los fríos se calienten. El líquido se encuentra en una cámara rodeada de vacío, que bloquea las corrientes de convección que podrían transferir calor al exterior. El recipiente está bañado en plata para reflejar el calor desde dentro y desde fuera.

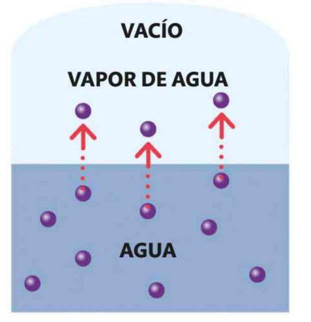


Dentro de un vacío

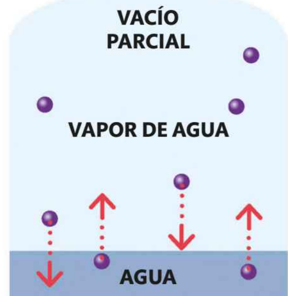
La materia siempre se expande para llenar espacios vacíos. Este proceso es lo que crea la succión de una aspiradora, pues el aire exterior entra de golpe en el vacío que se crea dentro. Las moléculas de la materia situada en el vacío, especialmente de los líquidos, rompen sus enlaces y forman un gas que llena el vacío.

Sin resistencia
Los objetos que caen en el vacío no experimentan resistencia aérea, que frenaría su descenso. Un martillo y una pluma caen a diferente velocidad por el aire, pero en el vacío caen al mismo tiempo.





Vacío perfecto
Al vacío, las moléculas de agua se convierten en un vapor que llena el espacio. Muy pocas vuelven a unirse al líquido.



Vacío parcial
El agua se evapora, incrementando la presión. El sistema alcanza un equilibrio cuando sus moléculas se mueven en ambas direcciones.

Exposición al vacío

El espacio exterior es un vacío casi perfecto. Los astronautas deben llevar trajes espaciales para protegerlos de la radiación, la luz solar y el frío del espacio vacío, pero también para crear una atmósfera presurizada en torno al cuerpo. Si el traje o el casco fallan, una rápida muerte es casi segura, pero no sería tan dramática como suele aparecer en las películas.

EL **TARDÍGRADO** ES UN ANIMAL MICROSCÓPICO CAPAZ DE **SOBREVIVIR** EN EL **VACÍO DEL ESPACIO**

1 Salida rápida
Los gases de los pulmones y del intestino saldrían bruscamente por los orificios corporales, dañando los tejidos delicados del cuerpo.

2 Sequedad
El agua expuesta al vacío se evapora en segundos. Los ojos y el interior de boca y la nariz se secarían y se formaría escarcha en la piel.

3 Falta de oxígeno
En el vacío, el oxígeno se convierte en burbujas en la sangre, volviéndolo inútil para los tejidos corporales.

4 Muerte
Sin oxígeno en el cerebro, el astronauta perdería la conciencia en unos 15 segundos. El cerebro moriría en 90 segundos de no recibir suministro de oxígeno.

5 Expansión del cuerpo
El cuerpo empezaría a descomponerse, segregando líquido y gases que lo hincharían hasta el doble de su tamaño.

6 Congelación total
Tras unas horas de exposición al vacío, el cuerpo se enfriaría muy por debajo del punto de congelación del agua y se volvería totalmente sólido.

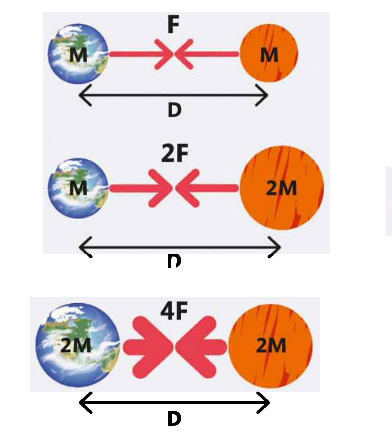


La gravedad

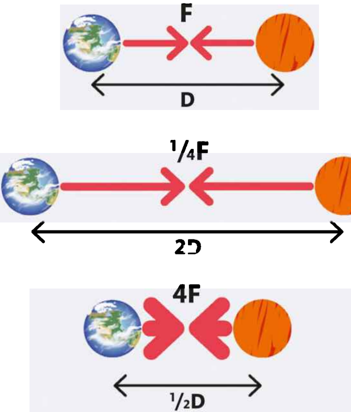
Podemos concebir la fuerza gravitacional como una fuerza de atracción. Atrae al suelo los objetos que caen y mantiene la Tierra en órbita en torno al Sol. Isaac Newton describió la fuerza gravitacional de forma matemática por primera vez en el siglo XVI.

Características de la gravedad

La fuerza gravitacional es una fuerza de atracción que tiende a unir la materia. Como consta en la ley de gravitación universal de Newton, la atracción depende de dos factores: el tamaño de las masas y la distancia entre ellas. La gravedad es la más débil de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza (ver p. 27). Aun así, las enormes masas de las estrellas y las galaxias producen grandes fuerzas gravitacionales que actúan a grandes distancias.



Gravedad y masa
Si asumimos que la distancia (D) entre dos objetos no cambia, la atracción de la gravedad (F) es directamente proporcional a sus masas (M). Duplicar la masa de un objeto (2M) duplica la atracción (2F) entre los objetos. Duplicar ambas masas aumenta la atracción en un factor de cuatro (4F).



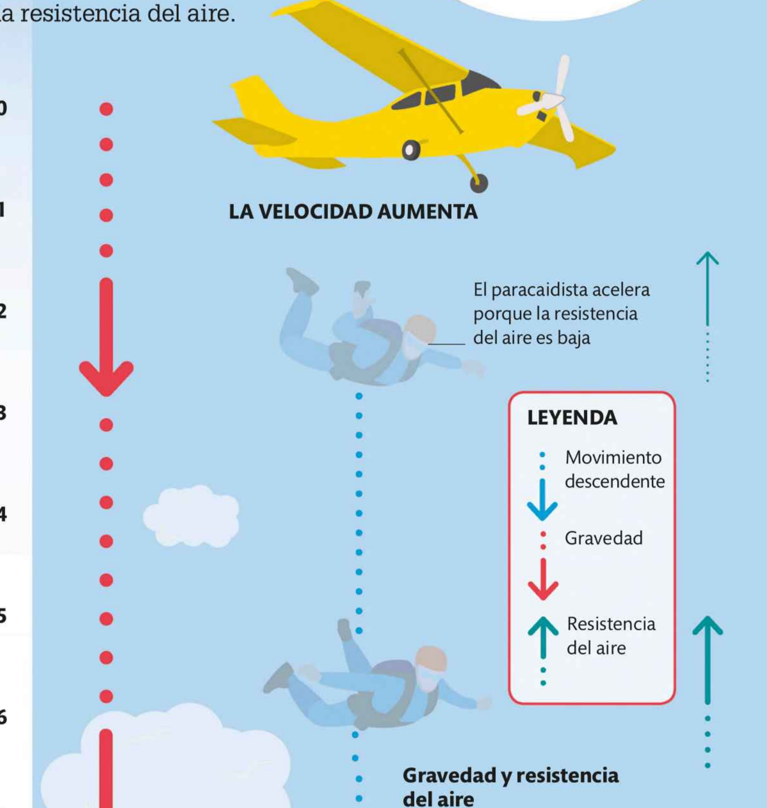
Gravedad y distancia
La fuerza de la gravedad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (D) entre dos masas, asumiendo que la masa de esos objetos permanece igual. Duplicar la distancia (2D) disminuye la atracción en un factor de cuatro (¼F). Dividir por dos la distancia (½D) multiplica la gravedad por cuatro (4F).

Velocidad terminal

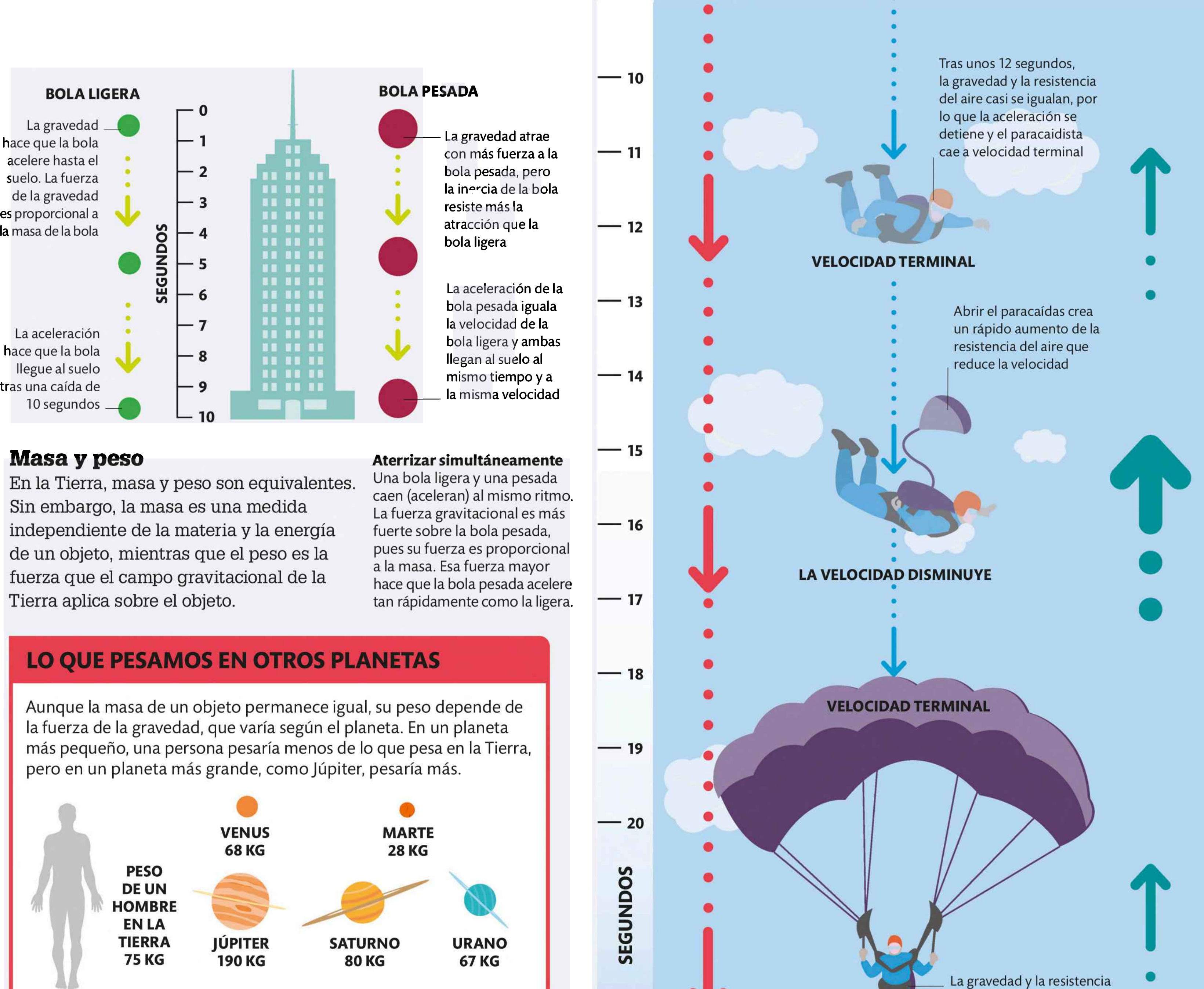
La gravedad hace que los objetos que caen aceleren y alcancen velocidades cada vez mayores al acercarse a la Tierra. Sin embargo, los objetos que caen durante mucho tiempo alcanzan una velocidad máxima, o terminal. Esto ocurre cuando la fuerza de la gravedad se iguala con la resistencia del aire.

¿QUÉ ES LA FUERZA G?

La fuerza g es un cambio en el movimiento que puede hacer que una persona se sienta más pesada al acelerar. La atracción de la gravedad cuando estamos en el suelo es de 1 g.



Gravedad y resistencia del aire
Un paracaidista acelera a 9,8 m/s –la aceleración de todos los objetos que caen–. Al acelerar, la resistencia del aire que empuja contra su cuerpo también aumenta.



Masa y peso

En la Tierra, masa y peso son equivalentes. Sin embargo, la masa es una medida independiente de la materia y la energía de un objeto, mientras que el peso es la fuerza que el campo gravitacional de la Tierra aplica sobre el objeto.

Aterrizar simultáneamente
Una bola ligera y una pesada caen (aceleran) al mismo ritmo. La fuerza gravitacional es más fuerte sobre la bola pesada, pues su fuerza es proporcional a la masa. Esa fuerza mayor hace que la bola pesada acelere tan rápidamente como la ligera.

LO QUE PESAMOS EN OTROS PLANETAS

Aunque la masa de un objeto permanece igual, su peso depende de la fuerza de la gravedad, que varía según el planeta. En un planeta más pequeño, una persona pesaría menos de lo que pesa en la Tierra, pero en un planeta más grande, como Júpiter, pesaría más.

Relatividad especial

En 1905, Albert Einstein propuso una forma revolucionaria de entender cómo funcionan juntos el movimiento, el espacio y el tiempo. La llamó teoría de la relatividad especial, y su propósito era resolver el mayor problema de la física de su tiempo: la contradicción entre los diferentes modos en que la luz y los objetos se mueven por el espacio.

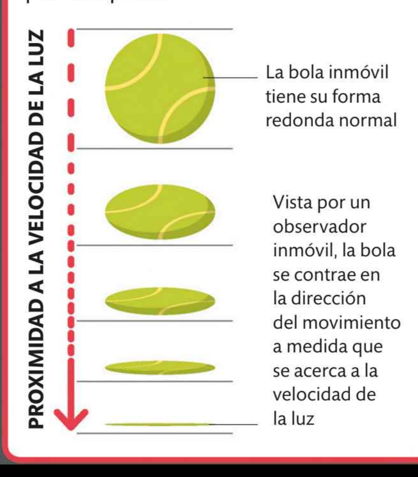
Leyes contradictorias

Las leyes del movimiento dicen que el movimiento de todo objeto es relativo al movimiento de otros objetos. Sin embargo, según las leyes del electromagnetismo, la luz viaja a velocidad constante, siempre llega a un observador a la misma velocidad, aunque la fuente de luz esté inmóvil, moviéndose o alejándose de él.



CONTRACCIÓN

El tiempo se ralentiza y el espacio se contrae en torno a un objeto en movimiento. No puede medirse porque los instrumentos de medida se contraen también. Cuando el objeto se acerca a la velocidad de la luz, el espacio se contrae tanto y el tiempo se dilata tanto desde el punto de vista del observador, que el objeto parece haber dejado de moverse por completo.

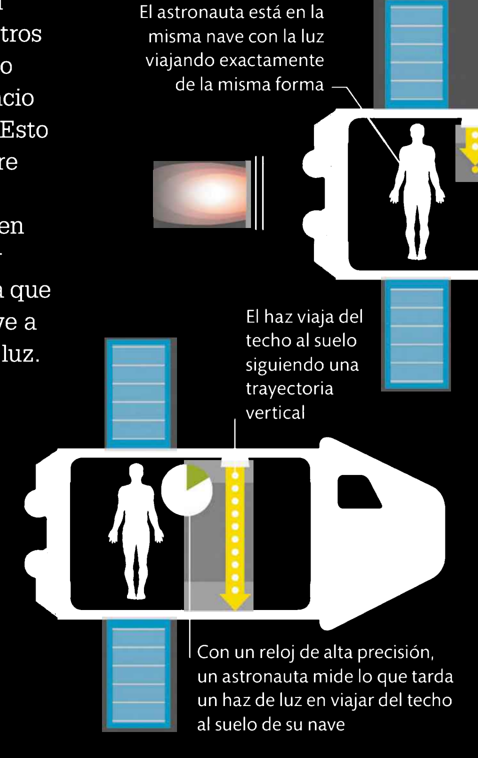


Dilatación del tiempo

Einstein explicó la contradicción entre la velocidad de la luz y de otros objetos postulando que un objeto que se mueve deprisa en el espacio se mueve despacio en el tiempo. Esto significa que el tiempo transcurre a distintas velocidades para los observadores y para los objetos en movimiento. Para un espectador inmóvil, el tiempo va más deprisa que para un observador que se mueve a una velocidad cercana a la de la luz.

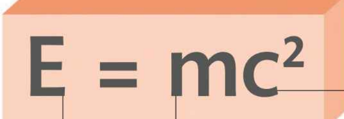
Explicar la velocidad constante de la luz

En una nave espacial a una velocidad cercana a la de la luz, un astronauta mide la velocidad de la luz y ve que recorre una distancia pequeña en un corto período de tiempo. Para un observador estacionario, la luz recorre una distancia mayor en más tiempo. Pero ambos miden luz que se mueve a la misma velocidad.



Masa y energía

Al tiempo que se preguntaba por qué la luz viaja siempre a una velocidad fija, Einstein examinó la naturaleza de la masa y de la energía. Vio que masa y energía son equivalentes y relacionó las dos propiedades con su ecuación $E = mc^2$, en la que E es la energía, m la masa y c la velocidad de la luz. Añadir energía a un objeto inmóvil puede hacer que se mueva. Como la energía y la masa son equivalentes, el movimiento hace que el objeto actúe como si fuera más pesado que cuando estaba inmóvil. A bajas velocidades, este efecto es insignificante, pero al aproximarse a la velocidad de la luz, la masa de un objeto se acerca al infinito.



La cantidad de energía encerrada en la materia en forma de masa es enorme. En una explosión nuclear, pequeñas cantidades de masa se convierten en enormes cantidades de luz y calor

La masa es una propiedad de la materia que describe su resistencia a los cambios de movimiento. Cuanto más grande es la masa, más energía puede liberar

La luz la transmiten partículas sin masa, por lo que viaja a la mayor velocidad posible, la velocidad de la luz

¿CUÁNDO SE USÓ POR PRIMERA VEZ LA EXPRESIÓN «TEORÍA DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL»?

Einstein no la llamó así hasta diez años después de publicarla, y lo hizo para distinguirla de su teoría general de la relatividad. Su trabajo se tituló *Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento.*

VIAJA A UNA VELOCIDAD CERCANA A LA DE LA LUZ

Para el observador en la Tierra, el haz de luz sigue una trayectoria diagonal mucho mayor

Percepción desde fuera
La actividad en el interior de una nave muy veloz parece diferente para un observador en un marco de referencia diferente, como la superficie de la Tierra. Para el observador en la Tierra, el haz de luz traza una línea diagonal, no vertical.

VISTA DEL OBSERVADOR DESDE LA TIERRA

El reloj en el marco de referencia móvil avanza más despacio que el reloj en el marco de referencia estacionario

VELOCIDAD DE LA LUZ
HECHAS EN EL **SIGLO XVII** ERAN UN **26 %** DEMASIADO BAJAS

Relatividad general

La gravedad, tal como la describió Isaac Newton en 1687, es incompatible con la teoría de la relatividad especial de Albert Einstein. Por eso, en 1916, Einstein unificó la gravedad con sus ideas sobre el espacio y el tiempo en su teoría general de la relatividad.

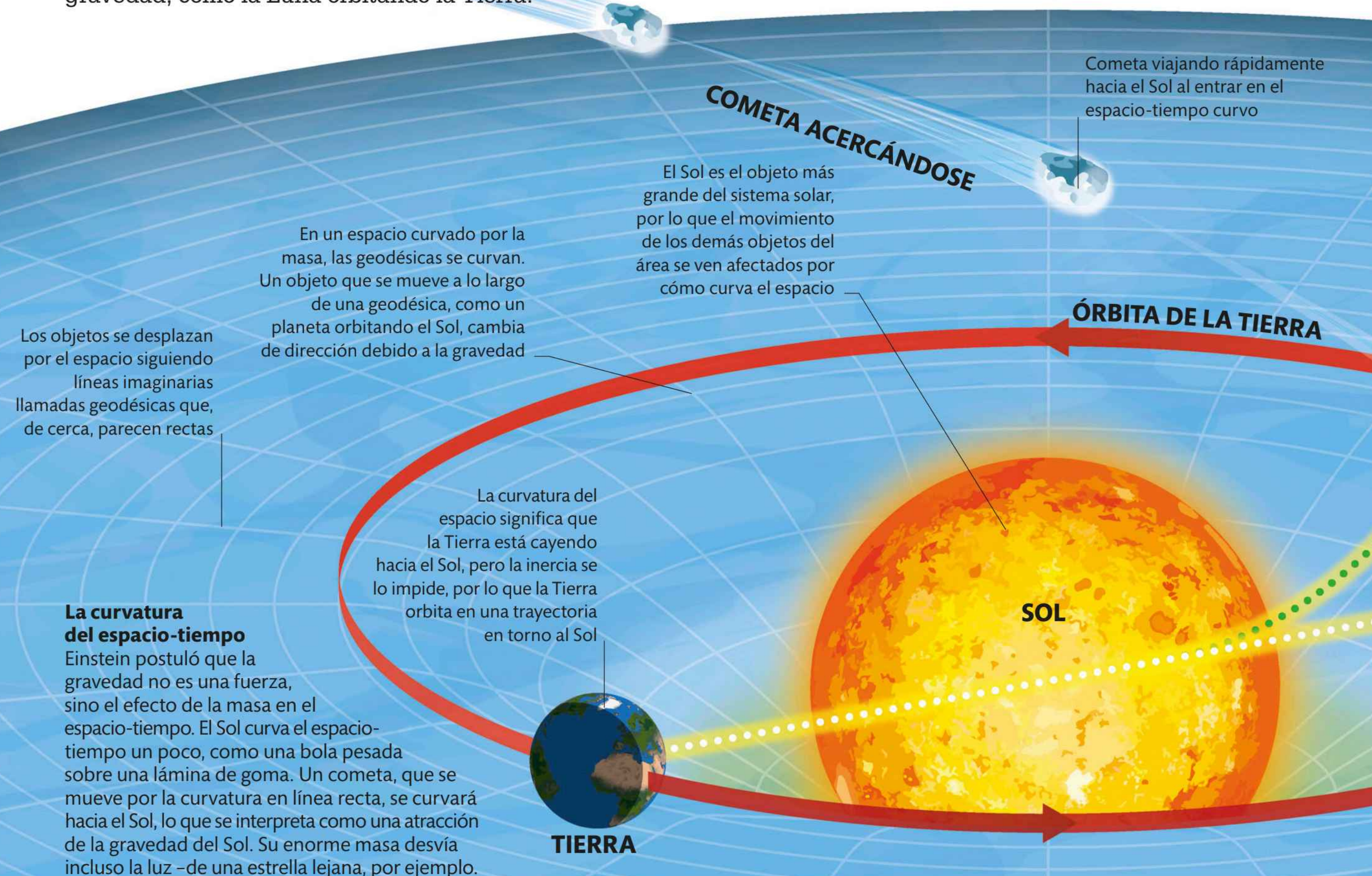
¿CÓMO SE PROBÓ LA TEORÍA?

En 1919, el astrónomo Arthur Eddington observó luz desviada durante un eclipse de Sol total. Esto demostró el efecto del espacio-tiempo curvo e hizo a Einstein famoso mundialmente.

Espacio-tiempo

La relatividad especial describe cómo los objetos experimentan el espacio y el tiempo de forma diferente dependiendo de su movimiento. Una importante aplicación de esta teoría es que el espacio y el tiempo están siempre unidos. La relatividad general describe el espacio y el tiempo en un continuo de cuatro dimensiones llamado espacio-tiempo, que los objetos muy grandes curvan. Masa y energía son equivalentes y la curvatura que causan en el espacio-tiempo crea los efectos de la gravedad, como la Luna orbitando la Tierra.

LA RELATIVIDAD GENERAL EXPLICA EL MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS ALREDEDOR DEL SOL

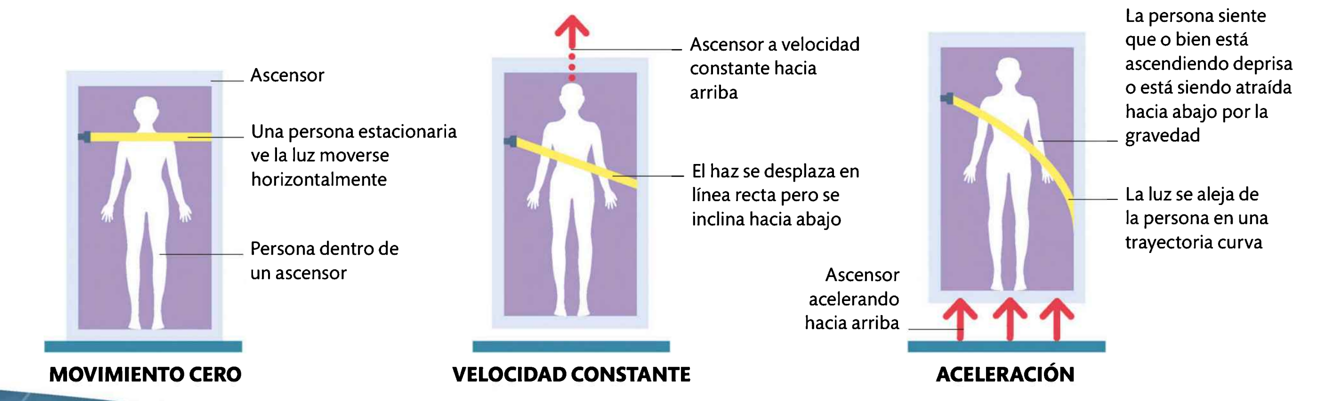


La curvatura del espacio-tiempo
Einstein postuló que la gravedad no es una fuerza, sino el efecto de la masa en el espacio-tiempo. El Sol curva el espacio-tiempo un poco, como una bola pesada sobre una lámina de goma. Un cometa, que se mueve por la curvatura en línea recta, se curvará hacia el Sol, lo que se interpreta como una atracción de la gravedad del Sol. Su enorme masa desvía incluso la luz –de una estrella lejana, por ejemplo.

El principio de equivalencia

Para entender la gravedad, Einstein se imaginó a sí mismo en un ascensor y se preguntó si la fuerza que lo retenía en el suelo era la atracción de la gravedad o el efecto de la inercia mientras el ascensor subía. Desde dentro, no hay modo de saberlo. A esto se lo llama principio de equivalencia. A partir de esta idea, comenzó a verse como un espectador que observaba el universo desde un marco de referencia fijo.

El experimento del ascensor de Einstein
Einstein amplió su experimento mental del ascensor imaginando el aspecto que tendría un haz de luz visto por una persona dentro del ascensor en tres situaciones diferentes. La persona de dentro no es capaz de identificar el movimiento del ascensor por completo pero puede ver el comportamiento del haz de luz. El experimento revela que al viajar muy deprisa o al ser atraído por una poderosa gravedad, el espacio y el haz de luz se curvan.



POSICIÓN REAL DE LA ESTRELLA

Los haces de luz también se desvían por el espacio curvo. El haz se curva, y por eso la luz parece provenir de otra parte del cielo

La luz detectada desde la Tierra parece haber viajado desde un lugar situado en línea recta con el observador

POSICIÓN APARENTE DE UNA ESTRELLA

Si el cometa tiene energía suficiente, podrá escapar de la curvatura gravitacional; si no, se dirigirá en espiral hacia el Sol

NAVEGACIÓN POR GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) muestra los efectos de las teorías de Einstein. Los satélites de GPS envían señales de su posición y tiempo exactos, que los sistemas globales de navegación usan para calcular su posición. Sin embargo, como los satélites se mueven a gran velocidad, sus relojes de a bordo avanzan más despacio que en la Tierra, algo con lo que deben contar los sistemas globales de navegación.

Un satélite GPS usa un reloj de alta precisión

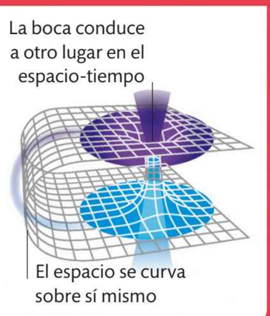
El lapso entre el envío y la recepción de la señal dice al sistema de navegación la distancia del satélite

Ondas gravitatorias

La teoría general de la relatividad predijo que los objetos que se mueven por el espacio-tiempo crean en este fluctuaciones llamadas ondas gravitatorias. En 2015, se detectaron esas ondas por primera vez.

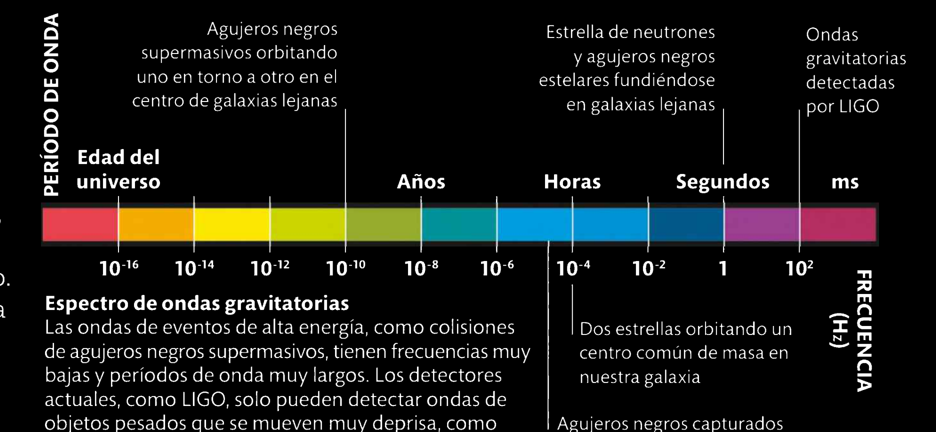
AGUJEROS DE GUSANO

Albert Einstein y Nathan Rosen describieron que el espacio-tiempo podría curvarse de modo que dos localizaciones lejanas quedaran unidas por un atajo. Ese puente, o agujero de gusano, crearía atajos para viajes muy largos, pero aún no se ha hallado evidencia de que existan.



¿Qué son?

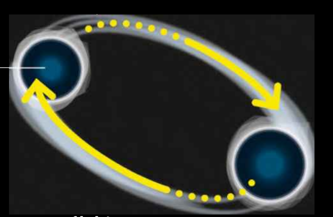
Cuando la materia acelera a través del espacio de cierta manera, crea ondas gravitatorias. Los eventos gravitacionales más grandes producen ondas de baja frecuencia con enormes períodos de onda. Así, se cree que las ondas del Big Bang tienen millones de años luz de largo. Las ondas gravitatorias ofrecen una forma de ver el universo no basada en la luz. Pueden revelar cosas que ahora son invisibles para nosotros, como saber lo que ocurre dentro de un agujero negro.



Espectro de ondas gravitatorias
Las ondas de eventos de alta energía, como colisiones de agujeros negros supermasivos, tienen frecuencias muy bajas y períodos de onda muy largos. Los detectores actuales, como LIGO, solo pueden detectar ondas de objetos pesados que se mueven muy deprisa, como colisiones de agujeros negros estelares, de longitud de onda lo bastante corta como para detectarlos.

Cómo se forman las ondas gravitatorias

Las primeras ondas gravitatorias detectadas por LIGO procedían de la colisión de dos agujeros negros a casi 1,3 billones de años luz de distancia. Esos agujeros negros fueron atraídos el uno hacia el otro por su atracción gravitacional.



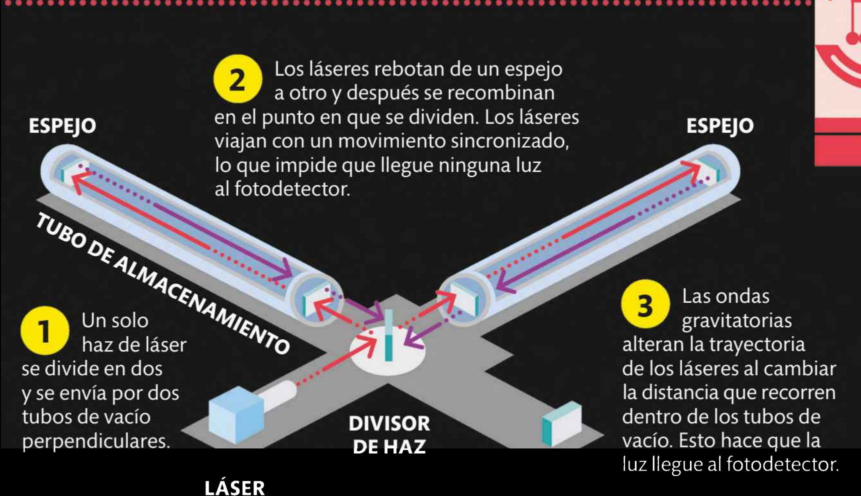
1 Agujeros negros en colisión
Los dos agujeros negros se unieron debido a la fuerza de la gravedad. Las oscilaciones regulares que detectó LIGO indicaban que las órbitas de los dos agujeros negros eran círculos casi perfectos y que orbitaban uno en torno al otro una 15 veces por segundo.



2 La velocidad de órbita aumenta mucho
A medida que los agujeros negros se acercan entre sí, sus órbitas espirales se hacen más y más pequeñas y ambos aceleran hasta casi la velocidad de la luz. Toda esa masa a una velocidad tan grande produce poderosas ondas gravitatorias que se expanden en todas direcciones.

Cómo funciona LIGO

El LIGO, u Observatorio de Interferometría Láser de Ondas Gravitatorias, detecta ondas gravitatorias por sus efectos en rayos láser disparados por dos tubos de 4 km de largo. Uno de los rayos recorre media longitud de onda más que el otro. Cuando los dos rayos se encuentran, se cancelan y desaparecen. Una onda gravitatoria altera la distancia recorrida por los láseres, por lo que estos producen entonces una señal de luz fluctuante.



1 Un solo haz de láser se divide en dos y se envía por dos tubos de vacío perpendiculares.

2 Los láseres rebotan de un espejo a otro y después se recombinan en el punto en que se dividen. Los láseres viajan con un movimiento sincronizado, lo que impide que llegue ninguna luz al fotodetector.

3 Las ondas gravitatorias alteran la trayectoria de los láseres al cambiar la distancia que recorren dentro de los tubos de vacío. Esto hace que la luz llegue al fotodetector.

El nuevo agujero negro tenía una masa unas 50 veces mayor que la del Sol. La señal detectada por LIGO desapareció, lo que sugiere que el agujero negro encontró un nuevo equilibrio

Las ondas gravitatorias se propagan por el espacio a la velocidad de la luz

SE ESTIRA

SE COMPRIME

DIRECCIÓN DE ONDA

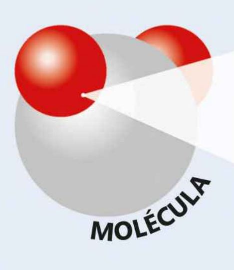
Como todas las ondas, las ondas gravitatorias son la oscilación de un medio. En este caso, el medio es el tiempo y el espacio en sí mismos, que se estiran y se contraen perpendicularmente a la dirección de la onda.

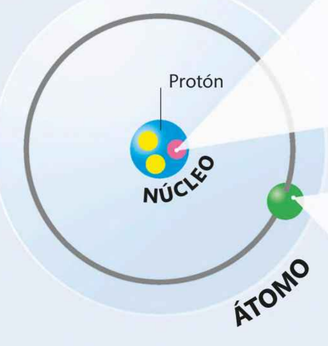
CÓMO VIAJA LA ONDA POR EL ESPACIO

3 Colisión y fusión
Las ondas gravitatorias emitidas por la proximidad de las dos órbitas alcanzó un máximo y los agujeros negros colisionaron y se fundieron en uno solo. El nuevo agujero negro dejó de moverse tan deprisa y las ondas gravitatorias comenzaron a disminuir en magnitud.

Teoría de cuerdas

La teoría de cuerdas es un intento de resolver los mayores problemas de la física. Por ejemplo, cómo funciona la gravedad a una escala increíblemente pequeña. Postula que todas las partículas son «cuerdas» de una sola dimensión que forman parte de un tejido universal.









Cuerdas, no partículas

No pueden observarse directamente las partículas subatómicas, solo podemos observar sus efectos. La teoría de cuerdas sugiere que las partículas son diminutas cuerdas vibratorias. Cada partícula elemental, como los electrones y los quarks, posee una vibración distintiva que explica muchas de sus características, como su masa, carga y cantidad de movimiento. Nadie ha descubierto aún cómo demostrar la teoría de cuerdas. De momento, es solo un sistema matemático que parece coincidir con el modo en que se comportan las partículas.

Filamentos de energía
Según la teoría de cuerdas, las partículas elementales, como los electrones y los quarks, de los que están hechos los protones, son cuerdas o filamentos de energía, cada uno con una vibración distintiva.

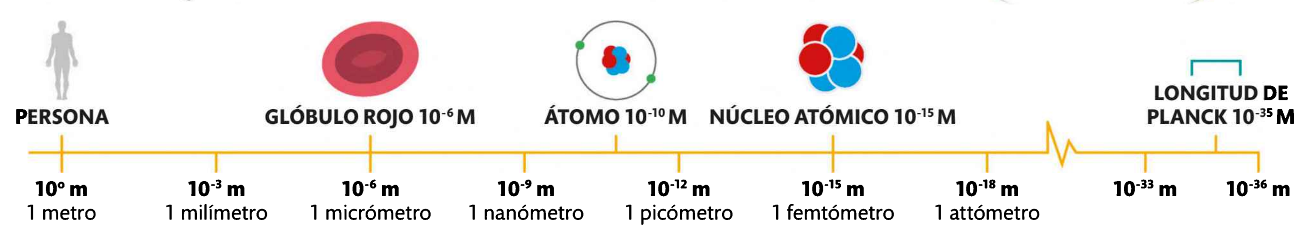
¿POR QUÉ TIENE QUE HABER UNA TEORÍA DEL TODO?

El universo sigue una serie de reglas que funcionan a escalas grandes y pequeñas. Estas tienen que estar relacionadas y una teoría del todo busca explicar de qué forma.

Gravedad cuántica

La teoría de la gravedad cuántica está pensada para unir la relatividad general, que describe la gravitación de estructuras enormes, como planetas, y la mecánica cuántica, que muestra cómo funcionan las otras tres fuerzas fundamentales a escala atómica. Los efectos de la gravedad cuántica podrían obrar a la escala de la llamada longitud de Planck.

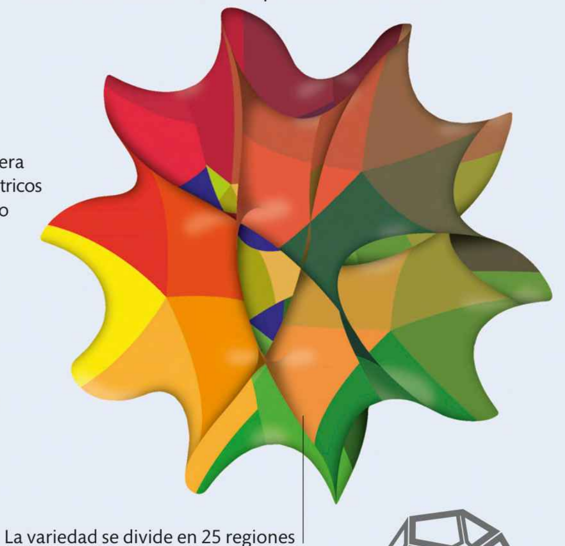
La longitud de Planck
No se puede determinar la localización de dos objetos que se encuentren a menos de una longitud de Planck de distancia, lo que la convierte en la unidad más pequeña con sentido físico.



Múltiples dimensiones

La teoría de cuerdas sugiere que las cuerdas no solo vibran en las tres dimensiones visibles (ancho, alto y profundidad), sino al menos en siete dimensiones más que permanecen ocultas para nosotros y se describen como «compactas», lo que quiere decir que solo aparecen en las escalas subatómicas más pequeñas, y podrían estar por todas partes y explicar fenómenos misteriosos como la materia oscura y la energía oscura (ver pp. 206-207).

Variedad de Calabi-Yau
Según algunos proponentes de la teoría de cuerdas, las dimensiones extras invisibles para nosotros pueden plegarse en estructuras geométricas llamadas variedades de Calabi-Yau. En la ilustración, una sección bidimensional de una variedad de seis dimensiones llamada quíntico de Calabi-Yau.



La variedad se divide en 25 regiones o «parches», cada uno representado por un color diferente

Si una esfera 3D atravesase un mundo 2D, aparecería como secciones 2D

Para un observador 2D, las secciones o rodajas de la esfera se verían como anillos concéntricos a medida que cada segmento pasa por la superficie 2D

Formas 3D en un mundo 2D
Imaginar una forma 3D en un mundo de dos dimensiones nos ayuda a entender las dimensiones espaciales superiores. En un mundo bidimensional, una esfera se ve como círculos.

Vista de un observador 2D
Un ser 2D, incapaz de mirar abajo o arriba, al mirar una esfera que se mueve de arriba abajo, ve un círculo que se agranda y se reduce. Esto se debe a la dimensión invisible.

UNA VERSIÓN DE LA TEORÍA DE CUERDAS, HABLA DE 10 DIMENSIONES DEL ESPACIO

S-partículas

Variantes de la teoría de cuerdas sugieren que la materia es solo la forma de energía con menor vibración y que hay otras cuerdas vibrando en octavas más altas, como en la armonía musical. Las vibraciones superiores representan las superpartículas, o s-partículas, cada una de las cuales, en teoría, se empareja con una partícula elemental normal. Algunos proponentes de la teoría de cuerdas predicen que las s-partículas podrían tener masas hasta mil veces mayores que sus partículas correspondientes.

PARTÍCULAS DE MATERIA Y S-PARTÍCULAS PROPUESTAS		PARTÍCULAS DE FUERZA Y S-PARTÍCULAS PROPUESTAS	
Partícula	**S-partícula**	**Partícula**	**S-partícula**
Quark	Squark	Gravitón	Gravitino
Neutrino	Sneutrino	Bosones W	Winos
Electrón	Selectrón	Z°	Zino
Muon	Smuon	Fotón	Fotino
Tau	Stau	Gluon	Gluino
		Bosón de Higgs	Higgsino



LA VIDA

¿Qué es la vida?

La vida es lo más complejo del universo conocido. Las piezas moleculares que la componen y la interacción entre sus partes son más complicadas que las de cualquier ordenador. Tenemos que reducir la biología de un organismo a sus funciones básicas para apreciar qué hace que algo tenga vida.



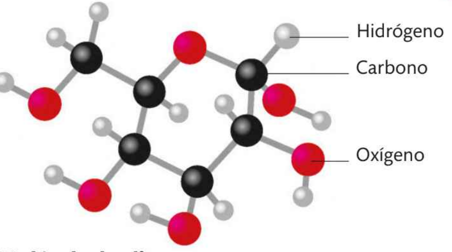
Cristales
El crecimiento y replicación de los cristales químicos se produce cuando se acumula en forma sólida la materia prima del entorno; sin embargo, no requiere de un metabolismo complejo.

Signos vitales

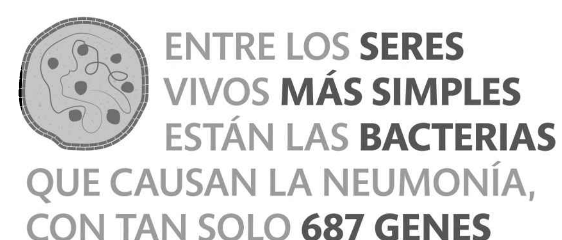
Millones de especies de organismos comparten una combinación de rasgos: las características de la vida; solo cuando convergen todas estas características se puede decir que algo está vivo. Un ser vivo consume alimento, respira para liberar energía y excreta residuos. Se mueve, responde a su entorno, crece y se reproduce. Los objetos inertes pueden tener una o dos de estas funciones, pero no todas.

Construcción compleja

Los agentes químicos que componen la vida se ordenan alrededor de una estructura de átomos de carbono y forman algunas de las mayores moléculas que se conocen. Las cadenas de ADN o celulosa pueden medir varios centímetros. Las plantas las crean a partir de dióxido de agua y carbono. Los animales, en cambio, las logran comiendo otros organismos o sus residuos. Estas moléculas de comida actúan como combustible y materiales de construcción.



Molécula de alimento
La glucosa se compone de 24 átomos; es una de las moléculas de alimento más simples. Igual que en otras biomoléculas, los átomos de carbono conforman su estructura.

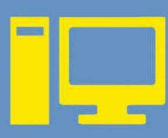




REPRODUCCIÓN
La replicación del ADN asegura la división celular y la reproducción de los cuerpos, junto con sus instrucciones genéticas. La reproducción promueve la evolución y la colonización de nuevos hábitats.

CRECIMIENTO
Las células crecen y se dividen y usan energía para construir más moléculas orgánicas. La multiplicación de las células hace que un organismo multicelular se convierta en un árbol gigante o una ballena.

SENSIBILIDAD
Los organismos perciben los cambios en el entorno, por ejemplo la luz, la temperatura o la composición química. Cada estímulo dispara un conjunto específico de respuestas coordinadas.



Ordenador
Un ordenador puede detectar y responder a estímulos, además de almacenar información igual que la memoria del cerebro animal, pero esas hazañas no son nada en comparación con las de los seres vivos.

Diagrama de Venn de la vida
A pesar de la increíble variación entre todos los organismos, todos los seres vivos comparten estas siete funciones básicas, ya sean bacterias, plantas o animales.

NUTRICIÓN

Todo ser vivo necesita un suministro constante de energía y materia prima. Muchos los obtienen en forma de moléculas de alimento orgánico, como proteínas e hidratos de carbono.

MOVIMIENTO

Desde el flujo constante de líquidos y constituyentes en las células microscópicas hasta la potente contracción muscular de los animales, todos los organismos pueden moverse en mayor o menor grado.

LA VIDA ¿DEPENDE DEL CARBONO?

Los autores de ciencia ficción han especulado con la existencia de una biología alternativa basada en el silicio. Sin embargo, el carbono es el único elemento capaz de combinarse con muchos tipos de átomos para formar moléculas muy complejas y, por lo tanto, la vida.

ORGANISMO VIVO



Euglena, un ser unicelular microscópico que habita charcas, puede realizar la fotosíntesis como una planta o consumir alimento como un animal.

EXCRECIÓN

Las constantes reacciones químicas de las células de un organismo producen productos de desecho, como el dióxido de carbono. La excreción es la salida de estos desechos metabólicos del cuerpo.





RESPIRACIÓN

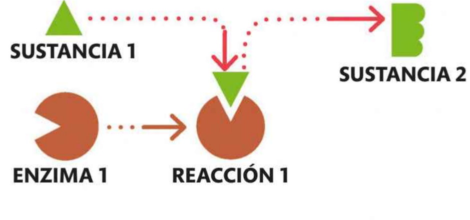
Gran parte del alimento orgánico de un organismo se descompone en reacciones químicas, como si se tratara de un motor que quema combustible. Esta respiración celular libera la energía que usa el cuerpo.

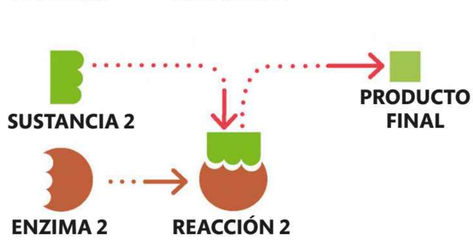


Motor de combustión interna
Al consumir y quemar combustible para provocar movimiento y «excretar» desechos, un motor posee cuatro signos vitales. Le falta sensibilidad, crecimiento y reproducción.

¿QUÉ ES EL METABOLISMO?

La vida se basa en el metabolismo, una serie de reacciones químicas que modifican las moléculas: una proteína catalizadora concreta, o enzima, propicia cada paso. El metabolismo exclusivo de cada organismo depende de un conjunto de enzimas determinado por las instrucciones genéticas del ADN.





Tipos de seres vivos

Clasificamos las cosas para dar sentido al mundo; además de organizar la gran variedad de la vida, la clasificación científica moderna tiene un objetivo adicional: cartografiar las similitudes físicas y genéticas entre especies para reflejar sus relaciones evolutivas.

El árbol de la vida

Las semejanzas entre organismos tan distintos como las bacterias y los animales, especialmente en sus células y genes, prueban que toda la vida viene de un antepasado común. Durante miles de millones de años los seres vivos han creado un gran árbol genealógico. Los científicos los clasifican en una serie de grupos cada vez más pequeños, igual que las grandes ramas se han dividido en ramas más pequeñas durante la evolución. Las ramas más antiguas del árbol corresponden a la aparición de los reinos de la vida; las ramas más externas corresponden a los millones de especies que han existido.



NOMBRES CIENTÍFICOS

Cada especie tiene un nombre científico exclusivo para evitar toda ambigüedad, algo que los nombres comunes, como brezo blanco o brezo arbóreo (ambos se refieren a la misma especie, *Erica arborea*), casi nunca consiguen. Los nombres científicos suelen ser descriptivos (*arborea* significa «en forma de árbol» y siempre está compuesto por dos partes: la primera, *Erica*, define un grupo de especies relacionadas, el género. Al incluir la segunda parte (*Erica cinerea* o *E. arborea*), el nombre define la especie.





ANCESTRO UNIVERSAL

El último antepasado universal común, el hipotético precursor de toda la vida en la Tierra



REINO DE LAS BACTERIAS
Los organismos unicelulares más sencillos

REINO DE LAS ARQUEAS
Superficialmente parecidas a las bacterias, pero de genes muy diferentes

Sistema de siete reinos
Se desconocen las relaciones entre las primeras ramificaciones del árbol de la vida, pero existen como mínimo siete grupos principales, o reinos, que se clasifican según semejanzas celulares.

REINO DE LOS PROTOZOOS
Organismos unicelulares, incluye amebas y semejantes.

REINO CROMISTA
Algas con clorofila a y c, ciliados y foraminíferos y semejantes; en su mayoría, unicelulares





REINO ANIMAL

REINO DE LOS HONGOS

REINO DE LAS PLANTAS Y ALGAS RELACIONADAS
Todos sus miembros poseen clorofila a y b



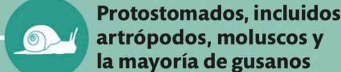
Grupos naturales y no naturales

Las aves y los insectos tienen alas, pero no es natural agruparlos como «animales voladores». Los grupos naturales, o clados, incluyen a los descendientes de un antepasado común, una bifurcación en el árbol de la vida. Mamíferos y aves pertenecen a clados diferentes. En cambio, los grupos de animales que denominamos peces e invertebrados no lo son, porque no incluyen a todos sus descendientes. Los peces, por ejemplo, no incluyen a los vertebrados terrestres, vástagos suyos.

Grupos dentro de grupos
Si clasificamos solo según sus vínculos, el sistema debe reflejar que las aves descienden de un grupo de terópodos, los dinosaurios erguidos, que incluye al *Tyrannosaurus*. Es decir, se clasifican como un subgrupo de los dinosaurios, ubicados con los reptiles.

INVERTEBRADOS

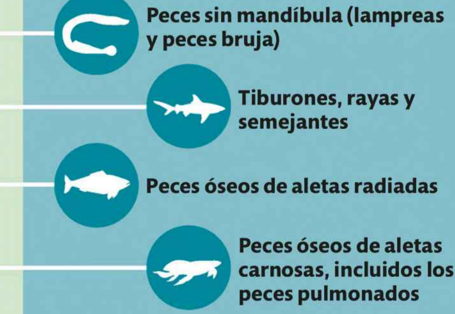




- **Esponjas**
- **Cnidarios, incluidos anémonas y medusas**
- **Protostomados, incluidos artrópodos, moluscos y la mayoría de gusanos**
- **Deuterostomados no vertebrados, incluidas las estrellas de mar y semejantes**

Invertebrados, un grupo no natural
Los invertebrados tienen poco más en común que la falta de columna vertebral. Algunos son simples, otros complejos. Es más, el grupo de los invertebrados es incompleto, pues excluye a los vertebrados (animales con columna vertebral) miembros de los deuterostomados.

PECES



- **Peces sin mandíbula (lampreas y peces bruja)**
- **Tiburones, rayas y semejantes**
- **Peces óseos de aletas radiadas**
- **Peces óseos de aletas carnosas, incluidos los peces pulmonados**

Peces, un grupo no natural
Todos los peces tienen un antepasado común, pero un grupo, los peces óseos de aletas carnosas, dio paso a los animales de cuatro patas (tetrápodos), que ya no son peces. Así que, como los invertebrados, los peces no son un clado. Pero, al contrario que los invertebrados, los peces tienen complejidad similar y comparten muchos rasgos, y por eso conforman un útil grupo no cladístico, o grado.

TETRÁPODOS
Vertebrados terrestres: todos descienden de un antepasado cuadrúpedo

ANFIBIOS

AMNIOTAS
Todos los animales cuyos huevos presentan membrana impermeable, o amnios.

Mamíferos

DINOSAURIOS, AVES Y REPTILES MODERNOS

Lagartos y serpientes

Tortugas

Crocodílidos

DINOSAURIOS Y AVES

AVES

Dinosaurios terópodos relacionados con las aves

Saurisquios

Ornitisquios

Virus

Los virus son la viva muestra del impulso por replicarse: pese a no ser realmente seres vivos, estas partículas infecciosas, apenas un grupo de genes, sabotean células vivas para esparcir por el huésped copias suyas. Algunos causan pocos daños, pero otros provocan las enfermedades más temibles.



POLIÉDRICOS

CON ENVOLTURA



HELICOIDALES



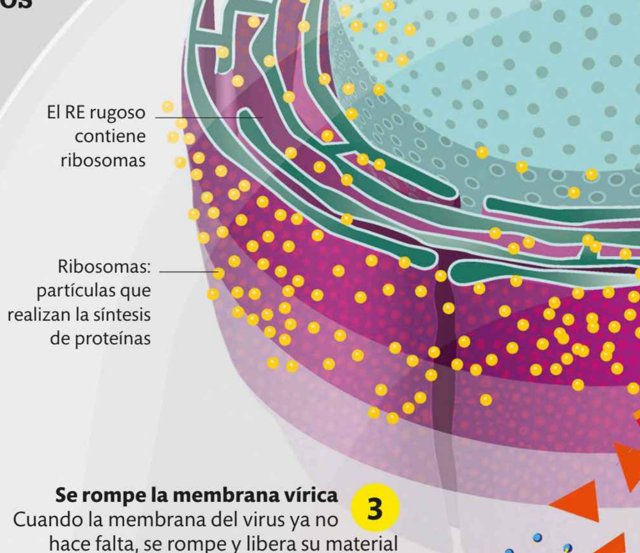
COMPLEJOS

Tipos de virus

Los virus presentan distintas formas, pero todos tienen las mismas partes: un grupo de genes en una membrana de proteína. Algunos disponen de ADN, y otros, ARN, la sustancia que usan las células auténticas como paso intermedio para crear proteínas (pp. 158-159). Lo más curioso de todo es que muchos genes de virus están más relacionados con los genes de sus huéspedes que con los de otros virus, lo que indica que quizá sean fragmentos de genes fugados de los cromosomas de los huéspedes.

Ciclo vírico

Todos los virus son parásitos que se contagian por contacto, por el aire o con comida infectada. Realmente no son seres vivos (pp. 150-151), en parte porque son incapaces de replicarse sin la ayuda de otra célula. Igual que los organismos vivos de los que se aprovechan, sus genes le indican cómo debe comportarse para infectar el cuerpo del huésped para una máxima proliferación. Cada tipo de virus tiene sus propios efectos: desde el leve resfriado común del rinovirus hasta el colapso absoluto del sistema del ébola.



Se rompe la membrana vírica 3
Cuando la membrana del virus ya no hace falta, se rompe y libera su material genético en la célula del huésped.

Estos genes son de ARN (naranja), pero en otros virus pueden ser de ADN

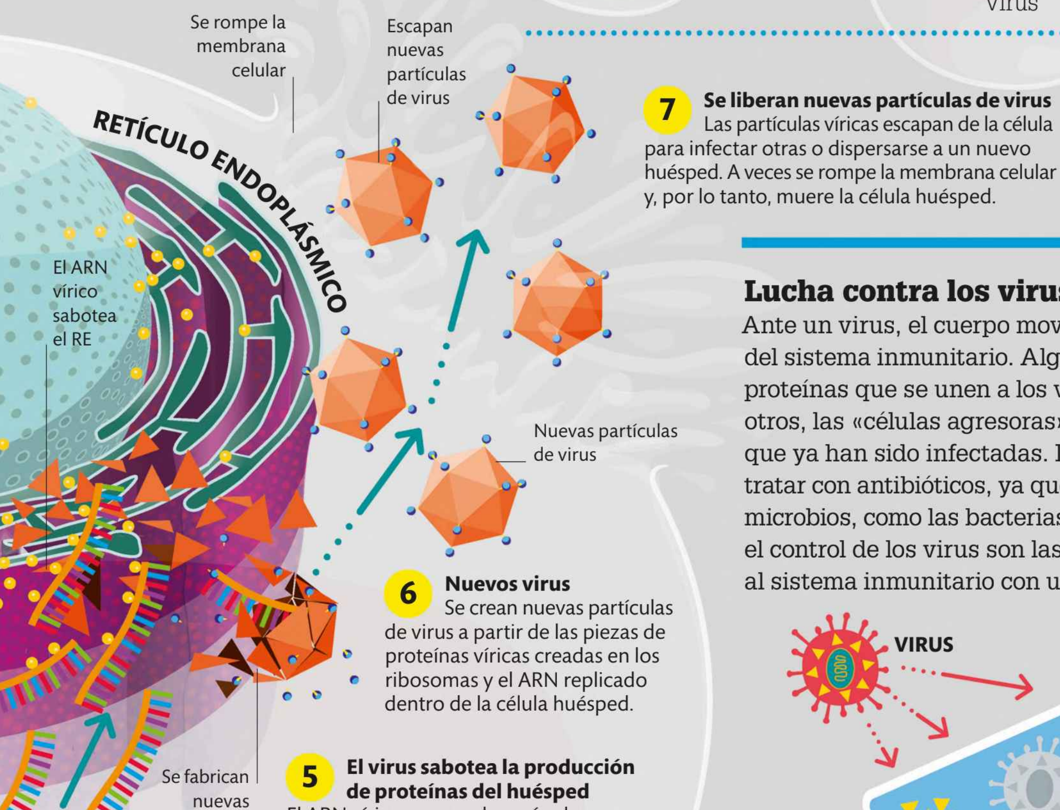


Burbuja llena de líquido o vesícula

El virus se une 1
Las moléculas de la membrana vírica se unen a moléculas concretas de la membrana celular del huésped, lo que le permite atacar a la célula; también explica por qué los virus pueden atacar solo a determinados tipos de tejidos y especies.

2 **El virus penetra en la célula**
Muchos virus penetran en la célula a través de una «burbuja» de membrana celular del huésped. Esta burbuja se cierra alrededor del virus en la superficie y crece hacia dentro hasta que el virus ha entrado.





7 Se liberan nuevas partículas de virus
Las partículas víricas escapan de la célula para infectar otras o dispersarse a un nuevo huésped. A veces se rompe la membrana celular y, por lo tanto, muere la célula huésped.

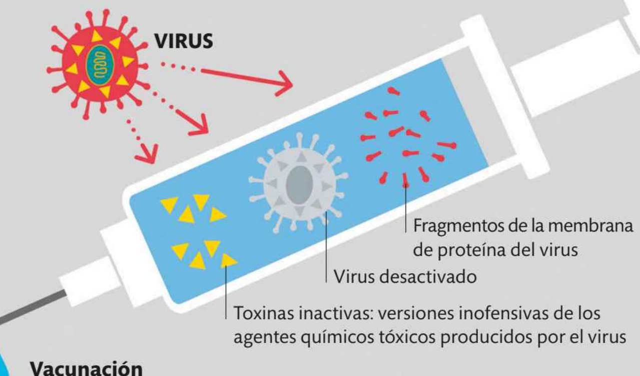
6 Nuevos virus
Se crean nuevas partículas de virus a partir de las piezas de proteínas víricas creadas en los ribosomas y el ARN replicado dentro de la célula huésped.

5 El virus sabotea la producción de proteínas del huésped
El ARN vírico se une a los gránulos que producen proteínas de la célula, los ribosomas, que se fijan a la superficie del retículo endoplásmico (RE) rugoso, donde producen sin saberlo las proteínas que necesita el virus para replicarse.

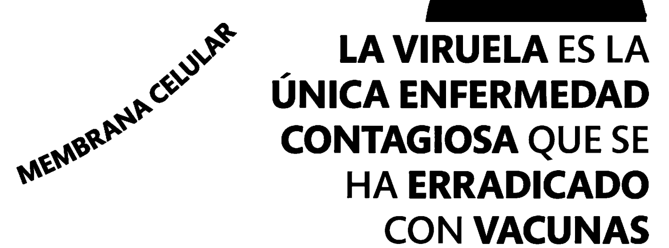
4 Se replican los genes víricos
El material genético del virus produce muchas copias idénticas. Los virus con ARN cuentan con sus propias enzimas para crear primero el ADN, o simplemente se replican directamente. Aquí no se muestra, pero los virus con ADN se dirigen directamente al núcleo del huésped para introducirse en su ADN.

Lucha contra los virus

Ante un virus, el cuerpo moviliza los glóbulos blancos del sistema inmunitario. Algunos liberan anticuerpos, proteínas que se unen a los virus para desactivarlos, y otros, las «células agresoras», sacrifican a las células que ya han sido infectadas. Los virus no se pueden tratar con antibióticos, ya que solo funcionan contra los microbios, como las bacterias. La primera defensa para el control de los virus son las vacunas, que preparan al sistema inmunitario con una falsa infección.



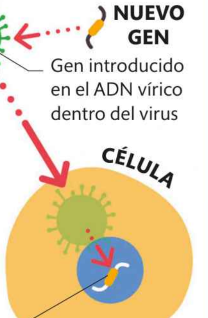
Vacunación
Las vacunas engañan al sistema inmunitario para que ataque a una versión de la infección con potencia suficiente para desencadenar la respuesta inmunitaria pero no para provocar la enfermedad. El sistema inmunitario está preparado para reconocer el virus real y, si lo encuentra, preparar una respuesta rápida y potente.



LA VIRUELA ES LA **ÚNICA ENFERMEDAD CONTAGIOSA** QUE SE HA **ERRADICADO** CON **VACUNAS**

VIRUS BUENOS

Es posible modificar un virus genéticamente para que lleve fármacos a células concretas y puedan tratarse ciertos tipos de cáncer. Los virus con ADN también pueden llevar genes «sanos» a las células para realizar terapia genética (ilustrada aquí). Otros virus pueden luchar contra bacterias nocivas, lo que supone una alternativa a los antibióticos para tratar infecciones.



Células

Casi todas las partes del cuerpo de todo organismo consisten en unidades vivas denominadas células. Las células procesan alimento y energía, sienten su entorno, crecen y se reparan... en un espacio cinco veces más pequeño que el punto final de esta frase.

Cómo funcionan las células

Una célula está repleta de diminutas estructuras u orgánulos. Igual que los órganos del cuerpo, cada orgánulo realiza una o más tareas especializadas vitales para el funcionamiento de la célula. Todas las células recogen materiales de su entorno para hacer acopio de sustancias complejas.

1 Fabricación de proteínas
La mayoría de las sustancias que necesita la célula son proteínas concretas, que se producen siguiendo las instrucciones genéticas (pp. 158-159) de los ribosomas, que recubren la compleja superficie de un orgánulo, el retículo endoplásmico rugoso.

2 Envasado
Las proteínas viajan en vesículas (pequeñas burbujas celulares) que flotan hacia el aparato de Golgi, el transportista de la célula: envasa y etiqueta las proteínas para determinar dónde se enviarán.

3 Envío
El aparato de Golgi coloca las proteínas en diferentes vesículas según su etiqueta. Las vesículas se desenganchan; las que tienen como destino salir de la célula se unen a la membrana celular y liberan las proteínas.

HASTA **800 000 CLOROPLASTOS** PUEDEN OCUPAR CADA **MILÍMETRO CUADRADO** DE LA **SUPERFICIE DE UNA HOJA**

Los ribosomas recubren el retículo endoplásmico rugoso y le dan su aspecto rugoso

El núcleo almacena el ADN, el manual de instrucciones para fabricar proteínas

El nucléolo participa en la producción de ribosomas

CÉLULA VEGETAL

NÚCLEO

NUCLÉOLO

RETÍCULO ENDOPLÁSMICO RUGOSO

RIBOSOMAS

PARED CELULAR

MITOCONDRIA

VESÍCULA

APARATO DE GOLGI

La mitocondria libera energía para realizar los procesos celulares

La vesícula transporta material, por ejemplo, proteínas

El aparato de Golgi prepara, ordena y distribuye proteínas y otras moléculas

PARED CELULAR

Vesícula liberando proteínas

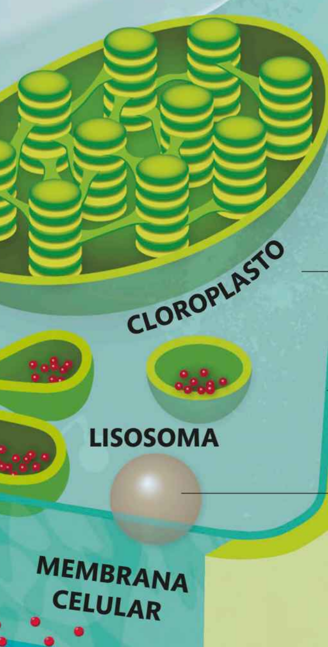


El retículo endoplásmico rugoso fabrica proteínas; los productos se transportan por sus complejas membranas

El retículo endoplásmico liso crea y transporta ácidos grasos, grasas y colesterol por la célula

¿CUÁNTO VIVEN LAS CÉLULAS?

Depende de su función: las células de la piel de un animal duran un par de semanas antes de caerse; en cambio, los glóbulos blancos pueden vivir un año o más.



La vacuola almacena agua, nutrientes y, a veces, toxinas para defender la planta

La fotosíntesis (pp. 168-169) se produce en los cloroplastos

El citoplasma es el líquido en que tienen lugar muchas reacciones químicas celulares

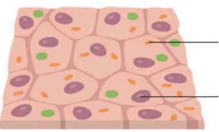
La membrana celular controla el intercambio de sustancias

El lisosoma contiene enzimas digestivas que destruyen a invasores o sustancias no deseadas

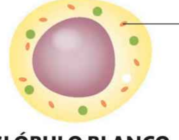
La diversidad de las células

Las células animales, a diferencia de las vegetales, no disponen de pared celular y no pueden crecer tanto. Igual que las de las plantas, su forma varía según su función. Los animales son más enérgicos que las plantas, y muchas de sus células tienen más mitocondrias. No obstante, no poseen cloroplastos, los encargados de la fotosíntesis: como los animales consumen alimento, no los producen.

Distintas células animales
Las células planas de la piel forman una película, pero como no se encargan de fabricar proteínas, tienen pocas mitocondrias. En cambio, el gran número de mitocondrias de un glóbulo blanco hace que este pueda entrar rápidamente en acción para defender al cuerpo.

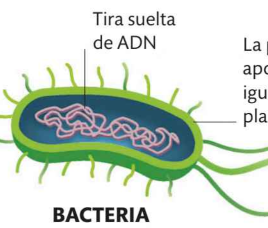


CÉLULAS DE LA PIEL



GLÓBULO BLANCO

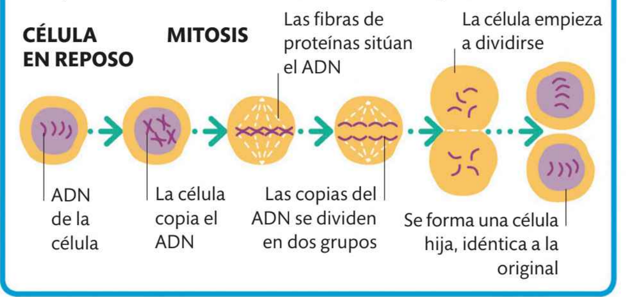
Células bacterianas
Las células de las bacterias, no se parecen en nada a las de animales o plantas. Las bacterias evolucionaron mucho antes que los animales, las plantas o incluso las algas unicelulares. Tienen pared celular, pero no núcleo diferenciado con su ADN.



BACTERIA

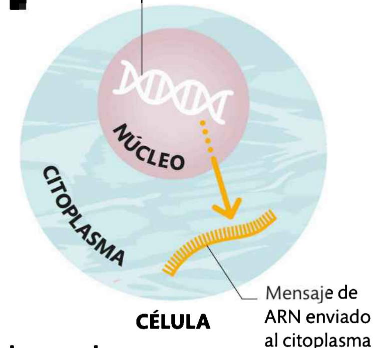
MÁS CÉLULAS

Las células que forman parte de un cuerpo pluricelular deben duplicarse muchas veces para que crezca o se renueve el cuerpo. El proceso de copia, o mitosis, no es fácil, ya que cada célula debe disponer de su propia copia del genoma, el conjunto completo de instrucciones de ADN del cuerpo, que primero se copia entero antes de que la célula se divida en las células «hijas».



¿Qué son los genes?

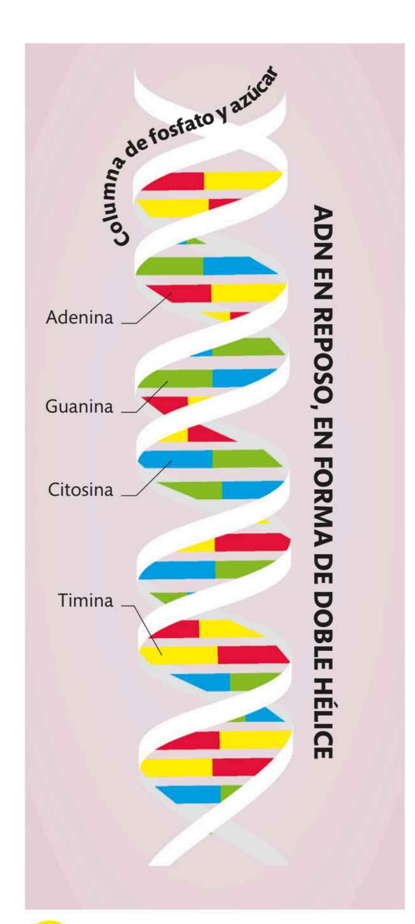
El ADN codifica la información que controla cómo crecen y viven los seres vivos. Sus instrucciones se traducen en las proteínas que necesita un organismo. Cada gen es un fragmento de ADN con el código para crear una proteína.



Dónde pasan las cosas
El ADN es tan largo e intrincado que debe permanecer en el núcleo. Las proteínas, en cambio, se producen en el citoplasma de la célula; por ello, las copias de los genes se envían en forma de ARN mensajero.

Creación de proteínas

Cientos de tipos de proteínas desempeñan los procesos celulares de la vida. A veces son enzimas que aceleran, o catalizan, las reacciones químicas; otras hacen cruzar materiales a través de las membranas celulares o realizan otras tareas vitales, todas siguiendo las instrucciones de los genes del ADN. Cada gen debe copiarse en una molécula, el ARN, que lleva las instrucciones del núcleo a la maquinaria productora de proteínas de la célula.



1 Estructura del ADN
La molécula de ADN es una doble hélice formada por dos cadenas en espiral. Cuatro unidades químicas, o bases, se emparejan entre ambas cadenas de manera complementaria: la adenina con la timina; la guanina con la citosina.



2 El ADN se separa
Las instrucciones genéticas se codifican en la secuencia de bases de una de las cadenas. Sus partes, o genes, con el código de proteínas específicas quedan expuestos cuando la doble hélice se separa en dos partes.



3 El ARN se forma según el ADN
Se produce una cadena de ARN a partir del gen expuesto, pues su secuencia de bases es complementaria a la del gen. En el ARN, la adenina se empareja con el uracilo en lugar de la timina.

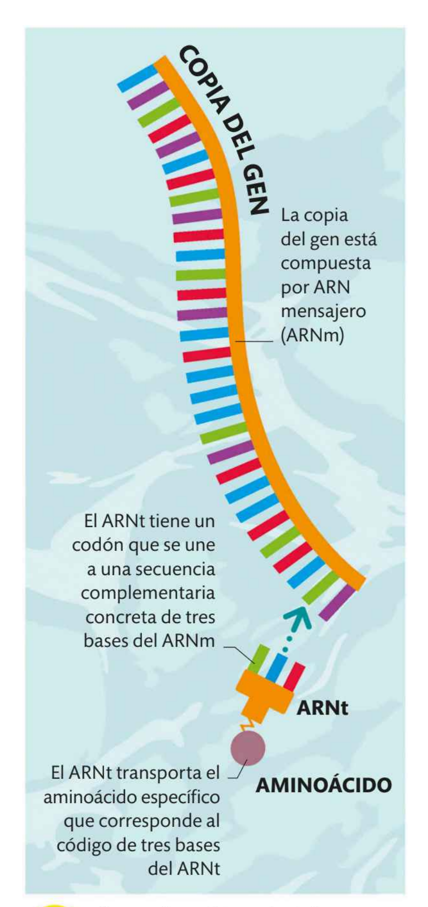
EL CÓDIGO GENÉTICO, UN IDIOMA UNIVERSAL

Cada tipo de organismo tiene su propio conjunto de genes, pero la manera de traducir la secuencia de bases en diferentes aminoácidos es igual en todos los organismos, ya sean bacterias, plantas o animales: cada codón (grupo de tres bases) se traduce siempre en el mismo aminoácido. Por ejemplo, AAA codifica el aminoácido lisina, AAC es la asparagina, etc.

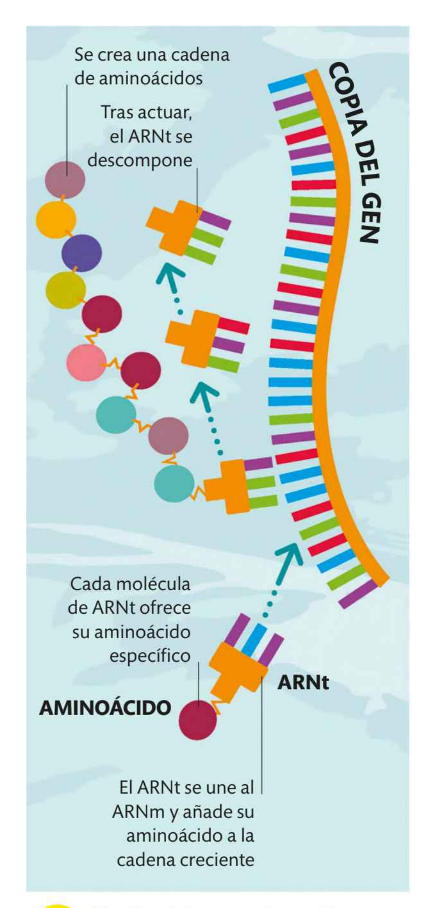




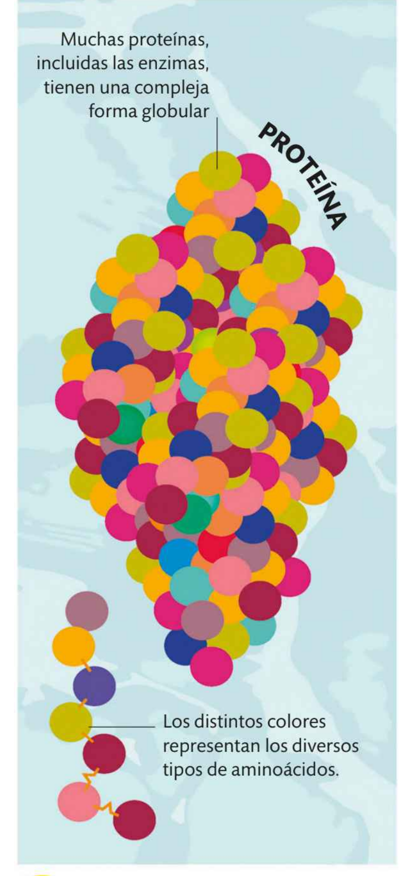
CUANDO SE COPIA EL ADN HUMANO SE AÑADEN 50 BASES POR SEGUNDO



4 El gen abandona el núcleo La cadena acabada de ARN mensajero (ARNm), el reflejo del gen, se separa y pasa al citoplasma de la célula, donde atrae moléculas específicas de ARN de transferencia (ARNt).



5 Traducción en aminoácidos Las moléculas de ARNt reconocen y se unen a secuencias específicas del ARNm. Cada ARNt incluye un aminoácido específico que se une a una cadena cada vez mayor. La secuencia de bases se traduce en aminoácidos.



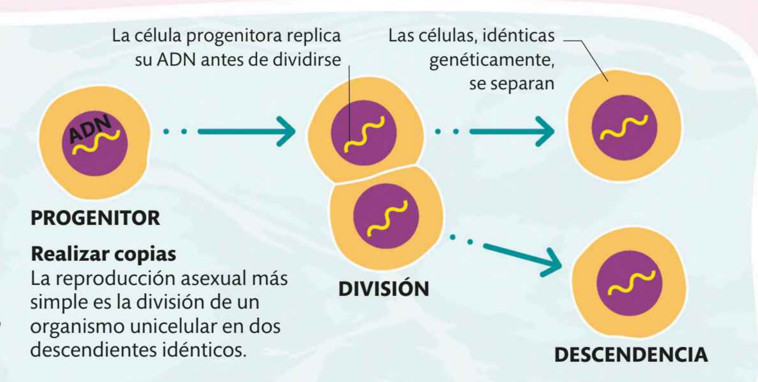
6 Aminoácidos y proteínas La secuencia específica de aminoácidos, determinada por el orden de las bases en el gen, controla cómo la cadena se dobla en una compleja molécula de proteínas, lo que determina su forma y función.

Reproducción

La vida produce más vida y los organismos encuentran maneras diferentes de transmitir la mayor cantidad posible de sus genes a la siguiente generación. Algunos seres vivos solo se fragmentan; la reproducción sexual, en cambio, aporta variedad genética.

Reproducción asexual

Todos los organismos copian su ADN al dividirse las células. Algunos replican el cuerpo entero, también en un proceso de copia de sí mismos (pp. 186-187). La reproducción asexual, sin fecundación, resulta en una descendencia idéntica, igualmente susceptible a enfermedades o a cualquier crisis ecológica. No obstante, su simplicidad la hace ideal para una rápida proliferación.

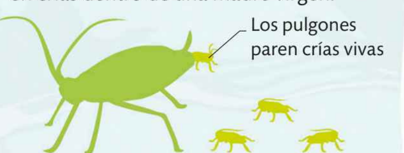


Realizar copias
La reproducción asexual más simple es la división de un organismo unicelular en dos descendientes idénticos.

Yemas
Los animales simples, como las anémonas de mar, pueden producir crías a partir de brotes de su cuerpo.



Partenogénesis
Algunos animales paren sin haber fecundado. Los huevos de pulgón pueden convertirse en crías dentro de una madre virgen.



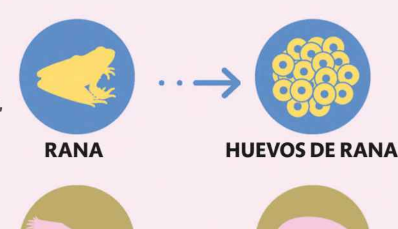
Reproducción vegetativa
El crecimiento en ramificación de muchas plantas las hace idóneas para reproducirse asexualmente de brotes o esquejes.



Estrategias reproductoras

Hay distintas maneras de invertir en la siguiente generación: algunos organismos producen muchas crías para contrarrestar que estas tienen baja probabilidad de sobrevivir. Otros son mucho menos prolíficos, pero casi todas las crías sobreviven gracias a los cuidados que reciben de sus progenitores.

Mucha descendencia
Las ranas producen cientos de huevos en cada desove, y así lo hacen año tras año. Sin embargo, casi todas las crías serán presa de los predadores.

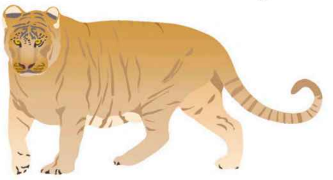


Pocas crías
El cóndor de California, un ave rapaz, empieza a reproducirse a los ocho años y produce, como máximo, un único huevo cada dos años.



BARRERAS REPRODUCTORAS

El apareamiento entre especies diferentes es muy raro porque suelen existir barreras reproductoras que lo evitan. Las aves solo responden a los cantos de cortejo de su propia especie. Tigres y leones están separados por geografía y hábitat. A veces aparecen híbridos naturales, aunque no consiguen sobrevivir porque suelen ser poco fértiles. Sin embargo, en cautividad no existen las barreras naturales y es más probable que aparezcan híbridos, como el ligre.



LIGRE, CRUCE DE LEÓN Y TIGRESA



CÉLULA PROGENITORA

ADN

Cada célula contiene un doble juego de genes

La división parte por la mitad y mezcla los genes

Reproducción sexual

La reproducción sexual produce crías genéticamente diferentes entre sí y de los progenitores, ya que la división celular en los órganos sexuales genera espermatozoides u óvulos con combinaciones genéticas singulares. En la fecundación, estas se mezclan y, por lo tanto, cada nueva generación, expuesta a los azares de un entorno cambiante, tendrá más probabilidades de dar con una combinación ganadora.

La mitad de los genes son de la madre y la otra mitad, del padre

Los espermatozoides aportan la mitad de los genes mezclados del padre

ESPERMATOZOIDE

CÉLULA SEXUAL (ÓVULO)

ÓVULO

CÉLULA DE LA CRÍA

1 División y reducción La meiosis, un tipo de división celular, produce las células sexuales (óvulos y espermatozoides) dividiendo el número de cromosomas y mezclando los genes.

2 Fusión (fecundación) Los organismos suelen producir muchas células sexuales masculinas móviles y pequeñas, y pocos óvulos más grandes. Cuando se fusionan, la célula resultante tiene una mezcla genética de ambos progenitores.

3 Nueva combinación La fecundación normaliza el número de genes pero produce crías genéticamente únicas, cuya nueva combinación genética se replica en cada célula del cuerpo.

Sexo vegetal

Las plantas de semillas transfieren las células sexuales masculinas, en granos de polen, a los órganos femeninos. Cada grano dispone de un tubo microscópico para que la célula masculina llegue al óvulo del interior de la flor.



Sexo animal

Los espermatozoides usan su cola en forma de látigo para nadar hasta el óvulo. La fecundación de muchos animales acuáticos se produce en el agua del entorno. En tierra, en cambio, los espermatozoides deben entrar en el cuerpo de la hembra, así que la fecundación es interna.



EL PEZ LUNA PONE **300 MILLONES DE HUEVOS** DE GOLPE, MÁS QUE CUALQUIER OTRO **VERTEBRADO**

Transmisión genética

Las crías heredan las características de sus progenitores porque los genes influyen sobre sus rasgos (pp. 158-159). Cada vez que una célula se divide, sus genes se copian; también están en óvulos y espermatozoides para transmitirlos a la siguiente generación. En la fecundación se mezclan los genes de los progenitores. La combinación resultante de genes variados es la base de la herencia.

Herencia básica

Los patrones de herencia más simples implican una relación directa entre un gen y su rasgo. Por ejemplo, un solo gen controla el color del pelaje del tigre. La variante normal de este gen da un pelaje naranja; la mutada, más rara, da pelo blanco. Cada célula del cuerpo tiene al menos dos copias de cada tipo de gen, pero como la versión naranja es siempre dominante, deben coincidir dos copias de la mutación blanca para que se manifieste, momento en el que se leerá la versión blanca y aparecerá un cachorro de pelaje blanco.

EL TIGRE BLANCO NO ES UNA ESPECIE: CASI TODOS SON **TIGRES DE BENGALA** Y PUEDEN APAREARSE CON EJEMPLARES NARANJA

¿NACIDOS PARA CORRER?

Los genes son los únicos responsables de algunas características, como el grupo sanguíneo; en cambio, la genética y el entorno afectan a otras características. Los genes determinan el color de la piel y la masa muscular, pero lo único que hacen es poner los límites de una posible variación. El entorno ayuda a determinar el resultado: tomar el sol puede hacer que la piel se oscurezca; los músculos se desarrollan con el entrenamiento.



1 Herencia familiar
Ambos padres tienen la misma combinación genética en cuanto a los genes que determinan el color del pelaje: una variante naranja y una blanca. Sin embargo, el padre y la madre pueden tener muchos otros genes diferentes.



ESPERMATOZOIDES

Espermatozoide con gen de pelaje blanco

Espermatozoide con gen de pelaje naranja

ÓVULOS

Óvulo con gen de pelaje blanco

Óvulo con gen de pelaje naranja

2 Células sexuales
La formación de las células sexuales (espermatozoides u óvulos) implica un tipo de división celular que separa cada par de cromosomas y divide los pares de genes. Es decir la mitad de los espermatozoides u óvulos tienen el gen de la variante naranja y la otra la versión blanca.

3 Resultado heredado
Es imposible predecir qué espermatozoide se unirá a qué óvulo, pero las proporciones fijas de genes naranja y blanco entre las células sexuales se traducen en que solo una de cada cuatro crías tiene dos variedades blancas juntas y da un cachorro blanco.

CACHORRO NARANJA

CÉLULA

La célula contiene dos copias de la versión naranja del gen que determina el color del pelaje

CACHORRO NARANJA

CÉLULA

La célula contiene ambas versiones del gen que determina el color del pelaje

CACHORRO NARANJA

CÉLULA

La célula contiene ambas versiones, cada una heredada de cada progenitor

CACHORRO BLANCO

CÉLULA

La célula contiene dos copias de la versión blanca del gen

Variación uniforme

No todos los rasgos se heredan de manera que aporten las proporciones fijas que vemos en los colores del pelaje del tigre, sino que la mayoría de los rasgos son el resultado de la interacción de diversos genes. Por ejemplo, varios genes que afectan al crecimiento de huesos y músculos influyen sobre la altura de los humanos, lo que da una descendencia intermedia con un patrón de variación uniforme.

¿Qué altura tendrán tus hijos?
La altura humana se ve influida por varios genes y también por otros factores, como la dieta. En general, los progenitores altos tendrán descendencia más alta, pero es imposible predecir su altura final.





¿SE TRANSMITEN CAMBIOS LOGRADOS EN VIDA DE LOS PROGENITORES?

Los llamados efectos epigenéticos se producen cuando los agentes químicos se unen al ADN en la vida de un organismo y cambian la lectura de los genes. En algunos casos esos cambios pueden transmitirse a las crías.

¿Cómo surgió la vida?

Tal vez no sepamos nunca cómo surgió la vida a partir de materia inerte, pero tenemos pistas sobre ello en las rocas que nos rodean y en los organismos de la actualidad, que sugieren que la situación hace miles de millones de años pudo favorecer la creación de moléculas cada vez más complejas hasta llegar a las primeras células.

Ingredientes de la vida

Cuando apareció la vida en la Tierra, el mundo era un lugar inhóspito muy distinto al actual: un paisaje volcánico en una atmósfera de gases tóxicos incapaces de bloquear los abrasadores rayos del Sol. Los experimentos muestran que en estas condiciones, con tanta energía, los agentes químicos simples como el dióxido de carbono, el metano, el agua y el amoníaco podrían combinarse para formar las primeras moléculas orgánicas. Con la condensación de estos materiales en los océanos, lo más probable es que la aparición de la vida no fuera casual, sino inevitable.

CHISPA DE VIDA

En 1952, Stanley Miller y Harold Urey de la Universidad de Chicago demostraron que podían formarse moléculas orgánicas complejas a partir de materiales inorgánicos. Recrearon las condiciones de la Tierra primigenia aportando energía a la mezcla inorgánica en forma de chispa para simular los rayos y formaron aminoácidos simples, las piezas básicas de las proteínas biológicas.

Las moléculas complejas se condensan en el lateral del recipiente

Rayo simulado

Líquido condensado

Agua en ebullición, metano, amoníaco e hidrógeno

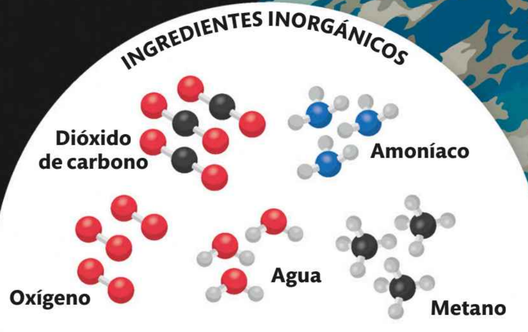
Calor

Moléculas recogidas para su análisis

EXPERIMENTO DE MILLER-UREY

Caldo primigenio
Hace más de 4000 millones de años la corteza terrestre era abrasadora e inestable, estaba bombardeada por asteroides y sufría una constante inestabilidad volcánica. Sin embargo, quedó agua líquida en lugares donde se formaron océanos y mares, y nació la vida.

TIERRA PRIMIGENIA



1 La primera atmósfera no contenía oxígeno gaseoso, pero disponía de una mezcla compleja de otros gases. El dióxido de carbono, el amoníaco y otros dieron origen a los elementos principales de la vida: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

ENTRADA DE ENERGÍA (CALOR GEOTÉRMICO Y RAYOS)

MOLÉCULAS ORGÁNICAS MÁS SENCILLAS

Aminoácidos

Azúcares

2 Al cargarse con la energía suficiente, las sustancias inorgánicas reaccionaron juntas para formar algunas de las piezas básicas de la vida, como aminoácidos y azúcares simples. Estas moléculas ligeramente más complejas se denominan «orgánicas» (pp. 50-51), ya que contienen carbono y son capaces de albergar vida.





LA TIERRA TIENE 4540 MILLONES DE AÑOS Y LA VIDA EN ELLA PUEDE REMONTARSE HASTA HACE 4280 MILLONES DE AÑOS

POLÍMEROS ORGÁNICOS

Cadenas de azúcar

Fosfolípido

Péptido

3 Se produjeron moléculas más grandes, como proteínas, ADN y lípidos (grasas), en forma de polímeros. Este proceso de formación de polímeros podría haberse catalizado (acelerado) en aquellos lugares ricos en minerales, como en las profundidades oceánicas.

REPLICADORES

ARN

4 La vida crea vida porque algunos de sus polímeros pueden replicarse. Actualmente la doble hélice de ADN es el principal replicador, pero puede que la primera replicación usara el ARN, que se replica de manera más simple.

MEMBRANAS

Cápsula

Lámina

5 Algunas moléculas orgánicas grasas, en especial los fosfolípidos, se unen de manera natural y forman membranas, ya sea en forma de lámina o de cápsula esférica, capaces de atrapar y concentrar los ingredientes de la vida en su interior.

CÉLULAS

6 Las primeras células contenían un grupo de componentes químicos, replicadores y catalizadores capaces de reacciones químicas interdependientes; fueron así el lugar en el que tuvo lugar el primer «metabolismo» de la vida.

Vida a partir de la no vida

Las moléculas orgánicas más simples no son capaces de producir células por sí solas. Las pequeñas moléculas orgánicas deben unirse para formar otras mayores, como las proteínas y el ADN. Ante la ausencia de otros organismos, las grandes moléculas debieron de sobrevivir lo suficiente para quedar encapsuladas, por azar, dentro de membranas grasas. Se cree que las chimeneas volcánicas de las profundidades oceánicas, que siguen siendo ricas en minerales capaces de catalizar reacciones químicas, podrían haber actuado a modo de «viveros» donde se formaron las primeras protocélulas.

¿POR QUÉ NO HAY VIDA EN EL RESTO DEL SISTEMA SOLAR?

Solo la Tierra tiene las condiciones «perfectas» para la vida (una superficie sólida con océanos de agua líquida); a veces esto se conoce como el efecto Ricitos de Oro.

¿Cómo se evoluciona?

Organismos tan diferentes como árboles, humanos y flores tienen unos genes tan parecidos que hacen inevitable la siguiente conclusión de que la vida se originó en un único antepasado común, punto de inicio de un enorme árbol genealógico. La evolución durante generaciones ha dotado de diversidad a las ramas de ese árbol.

¿PODEMOS VER LA EVOLUCIÓN EN ACCIÓN?

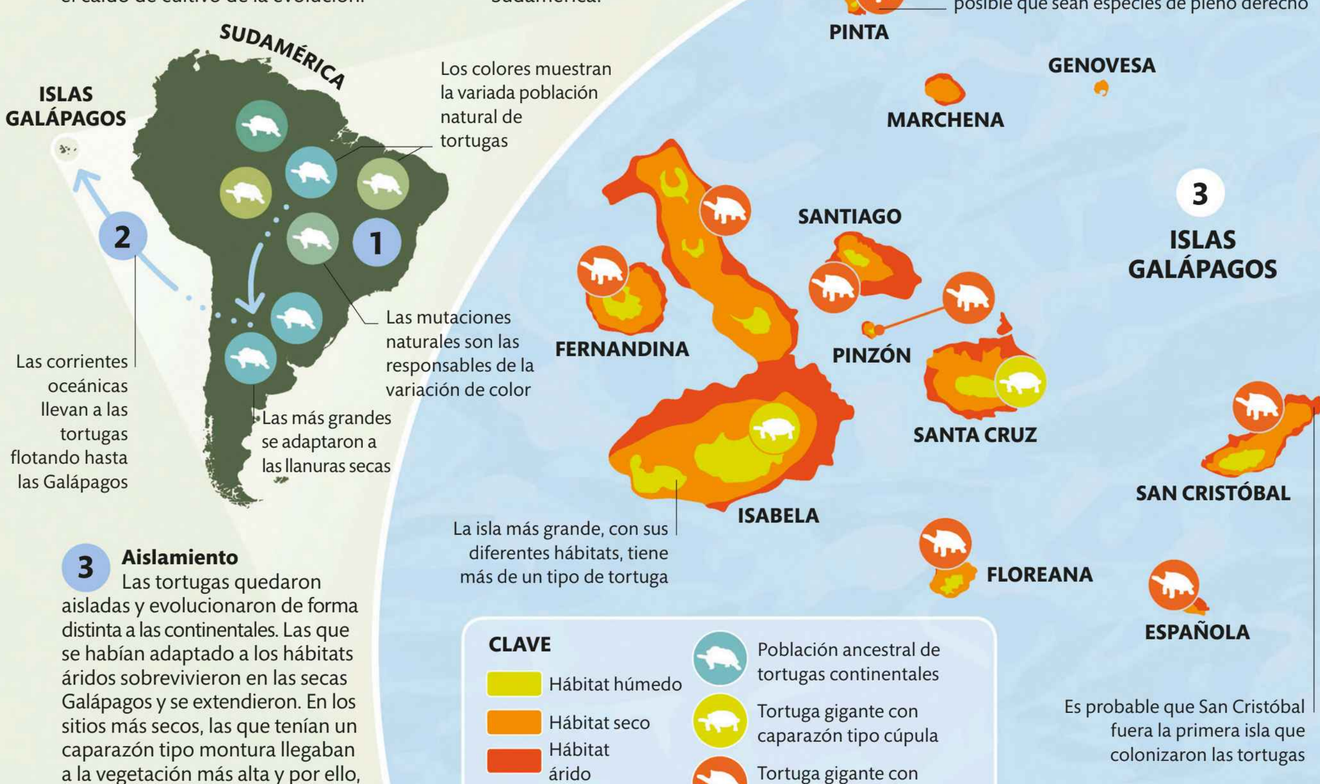
La evolución es lenta, pero la cría en laboratorio de organismos de crecimiento rápido, como las moscas de la fruta, ha dado cepas incapaces de aparearse entre sí y, por lo tanto, deben considerarse nuevas especies.

El caso de las tortugas gigantes de las Galápagos

La vida evoluciona de manera especial cuando queda aislada en lugares remotos. El ADN muestra que las tortugas gigantes de las Galápagos son parientes cercanos de las tortugas continentales y que las formas propias de las islas aparecieron en pocos millones de años de una única colonización.

1 Variación
Toda población natural varía gracias a mutaciones aleatorias, errores al copiar el ADN. Las mutaciones de los genes son infrecuentes pero inevitables. Se acumulan con el tiempo y causan variaciones de tamaño, forma y color en la población de tortugas. Esta variación es el caldo de cultivo de la evolución.

2 Dispersión
Es probable que las tortugas más grandes de Sudamérica, actualmente extintas, fueran los antepasados de las gigantes de las Galápagos, donde llegaron llevadas por la corriente de Humboldt del océano Pacífico desde Sudamérica.



3 Aislamiento
Las tortugas quedaron aisladas y evolucionaron de forma distinta a las continentales. Las que se habían adaptado a los hábitats áridos sobrevivieron en las secas Galápagos y se extendieron. En los sitios más secos, las que tenían un caparazón tipo montura llegaban a la vegetación más alta y por ello, con el paso del tiempo, se fueron imponiendo al resto.

Supervivencia del más adaptado

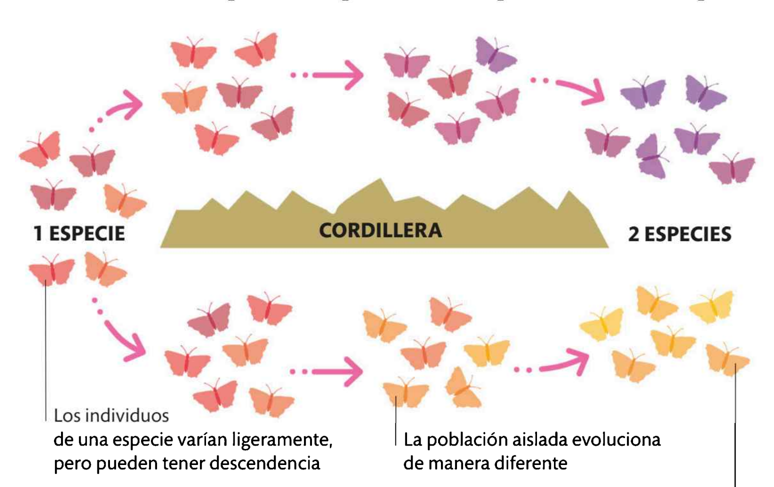
La variación genética puede suponer la diferencia entre vivir o morir. Un insecto que coma hojas y sea de color verde hoja pasará desapercibido ante sus predadores y le será más fácil sobrevivir y aparearse que a los de otros colores. Esta «selección natural» es la piedra angular de la teoría de Darwin, que explica que las especies evolucionan porque ciertas variantes se adaptan mejor y logran sobrevivir y tener más descendencia. Esto inspiró al filósofo victoriano Herbert Spencer a pronunciar su famoso lema: «La supervivencia del más adaptado».



Predadores selectivos
Las orugas verdes se camuflan ante los predadores. Las mutaciones grises y marrones se ocultan peor en el entorno y la selección «reduce» su población.

Nuevas especies a partir de las antiguas

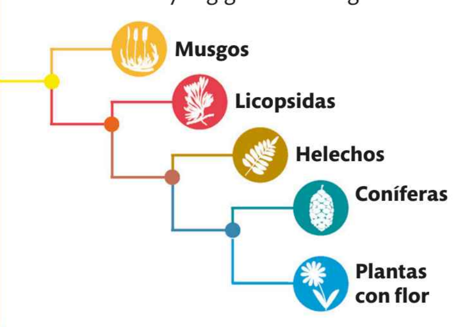
La selección natural sola no hace que las poblaciones se separen hasta ser nuevas especies. Para ello, deben quedar aisladas hasta el punto de no aparearse, ya sea por aislamiento geográfico, como las tortugas de las Galápagos, o por barreras de comportamiento o biológicas, que suelen surgir al separarse las poblaciones. Cualquier cosa que divida la población y dé tiempo a la evolución para generar ese aislamiento reproductor puede hacer aparecer nuevas especies.



Cómo se pueden formar nuevas especies
La selección natural hará que las mariposas evolucionen de manera diferente en ambos lados de una nueva cordillera. Tras un tiempo suficiente, sus diferencias serán tan importantes que no podrán aparearse.

MACROEVOLUCIÓN

Los pequeños cambios en pocas generaciones se acumulan en millones de años para que las especies distintas puedan dar pie a grupos de organismos completamente nuevos. Esta es la macroevolución (evolución a gran escala); el registro fósil de formas extintas ayuda a demostrar que a partir del mismo antepasado se pueden crear seres vivos tan diferentes como las secuoyas gigantes o los girasoles.



UN **GEN** PUEDE **MUTAR** MUY RARAMENTE, EN **UN CASO DE CADA MILLÓN**

Las plantas nutren el mundo

La fotosíntesis que genera los azúcares vitales en las partes verdes de las plantas sostiene prácticamente todas las cadenas tróficas del planeta. Miles de millones de paneles solares microscópicos de las células vegetales emplean la luz del Sol para fabricar alimento con agua y dióxido de carbono.

SOL

La fotosíntesis convierte la energía lumínica de los rayos del Sol en la energía química del azúcar

¿POR QUÉ ES VERDE LA CLOROFILA?

La clorofila absorbe las longitudes de onda roja y azul de la luz, aprovecha la energía de esta luz para la fotosíntesis. La energía de la luz verde no se usa, se refleja y por ello llega a nuestros ojos.

El proceso químico

Más del 90 % de las moléculas de alimento orgánico contienen los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno. Cuando las plantas fabrican alimento, el dióxido de carbono que se absorbe del aire aporta el carbono y el oxígeno; el agua captada del suelo aporta el hidrógeno.

Primero la energía lumínica que absorbe la clorofila separa el energético hidrógeno del agua. A continuación este hidrógeno se combina con dióxido de carbono para formar azúcares. El proceso entero se produce en unos gránulos denominados cloroplastos.

El estoma es uno de los muchos poros de la hoja que capta el dióxido de carbono

OXÍGENO LIBERADO

DIÓXIDO DE CARBONO CAPTADO

El tallo contiene vasos microscópicos para transportar azúcar

CÉLULAS DE LA HOJA

Cloroplasto



Pila de membranas de tilacoides

Fábricas de fotosíntesis
Los cloroplastos se concentran en las células de las capas superiores de las hojas, lo que es ideal para captar el máximo de luz posible. Cada célula contiene docenas de cloroplastos; cada hoja, miles de millones.

Producción de alimento
Un cloroplasto funciona gracias a unas pilas de membranas, los tilacoides, suspendidas en un líquido, el estroma. La clorofila se une a los tilacoides; tanto las membranas como el líquido tienen enzimas potenciadoras de reacciones.

LA ENZIMA DE LAS HOJAS QUE CONVIERTE EL DIÓXIDO DE CARBONO EN ALIMENTO ES LA PROTEÍNA MÁS ABUNDANTE DEL MUNDO

1 La luz del Sol rompe el agua
Cada grupo de tilacoides en forma de disco está recubierto por un cúmulo de moléculas de clorofila y enzimas necesario para extraer el hidrógeno del agua. Así se transfiere la energía de la luz del Sol al hidrógeno de manera eficaz.

2 Fabricación del azúcar
El enérgico hidrógeno llega al estroma, donde las enzimas añaden el hidrógeno al dióxido de carbono y producen el azúcar, la glucosa.

3 Creación de biomasa
Una parte de la glucosa se «quema» para liberar energía (pp. 172-173) y otra parte se usa en procesos metabólicos que crean sustancias como aceites, proteínas y la fibrosa lignina. El resto se convierte en largas cadenas de azúcares, como el almidón (la reserva energética de la planta) y celulosa fibrosa, un material de construcción.

AGUA

LUZ CAPTURADA

Moléculas de agua absorbidas

TILACOIDE EN FORMA DE DISCO

CLOROFILA

SALIDA DE OXÍGENO

SALIDA DE HIDRÓGENO

OXÍGENO

HIDRÓGENO

GLUCOSA

El oxígeno, un producto secundario, se libera al aire a través de estomas (orificios de la hoja)

El hidrógeno se combina con dióxido de carbono para crear glucosa

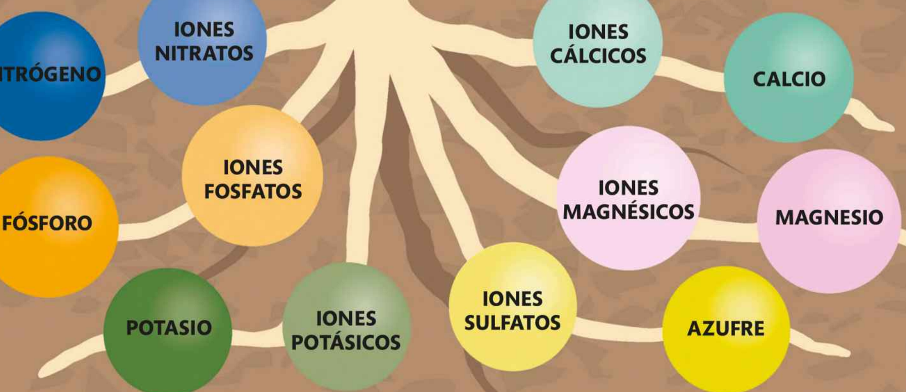
DISTRIBUCIÓN DE GLUCOSA

ENTRA DIÓXIDO DE CARBONO

DIÓXIDO DE CARBONO

La glucosa se convierte en un azúcar de dos bloques denominado sacarosa antes de ser transportada por el tallo

Las cadenas de azúcar, como la celulosa, forman estructuras de la planta



Resto de los alimentos

Además de carbono, hidrógeno y oxígeno, son necesarios otros elementos para que las células sigan vivas y operativas. La planta los consigue absorbiendo minerales del suelo con sus raíces. El nitrógeno, por ejemplo (en forma de nitrato), se usa para producir aminoácidos, las piezas que forman las proteínas. El fósforo participa en la creación del ADN, el material genético de la célula.

Cómo crecen las plantas

Unas sustancias regulan las vidas de las plantas, controlan todos los aspectos de su crecimiento, desde la germinación de las semillas hasta la floración. Los reguladores del crecimiento se producen en cantidades minúsculas, pero influyen en gran medida sobre la forma final de la planta madura.

ANILLOS DEL ÁRBOL

La velocidad de crecimiento de la planta varía según la temperatura y la precipitación: es muy rápida en verano y casi se detiene en invierno. Esto causa los anillos del tronco del árbol. Incluso en los trópicos, donde apenas existe invierno que frene el crecimiento, los árboles crecen más rápido en la temporada húmeda y producen anillos igual que los de las zonas temperadas. Los árboles tropicales, de crecimiento constante, no presentan anillos.



Estimular el crecimiento

En cada fase de la vida de una planta, los reguladores del crecimiento garantizan el desarrollo coordinado. Se producen en las células de los brotes, las raíces o las hojas y se distribuyen por los tejidos desde su punto de origen. Se transportan hasta otras partes de la planta por la savia. El resultado depende del equilibrio entre dos o más reguladores. Algunos se contrarrestan, mientras que otros se retroalimentan. Un mismo regulador puede tener efectos opuestos en diferentes partes de la planta.



1 La semilla germina
El agua que absorbe la semilla estimula su embrión para que produzca giberelina, un regulador de crecimiento, que a su vez activa una enzima que descompone la reserva de almidón de la semilla en azúcar para tener energía para poder crecer.



La auxina se produce en la región de crecimiento del brote conocida como meristemo apical

Parte de la auxina viaja por los vasos de savia en desarrollo para estimular la ramificación de las raíces

2 La auxina hace crecer el brote
La punta del brote produce un regulador, la auxina, que debilita las paredes celulares para que puedan crecer y así el brote pueda subir. Parte de la auxina pasa a las raíces.

La auxina de la punta del brote estimula la dominancia apical: suprime las ramas laterales de las yemas axilares

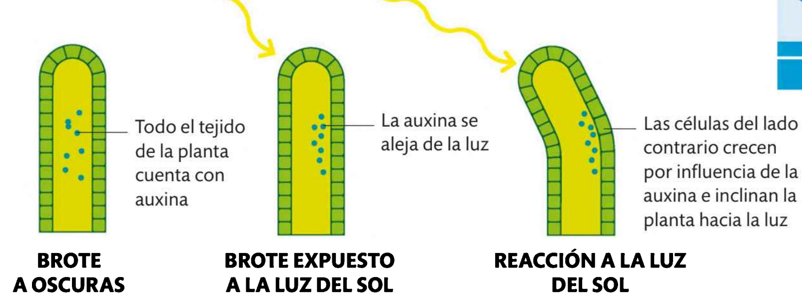
La citocinina estimula la división celular y hace crecer las raíces

3 Brote dominante
La auxina se genera de manera constante en la punta del brote, donde evita que la planta saque brotes laterales y la planta joven conseguirá salir de la sombra de las plantas vecinas. Mientras tanto, el regulador citocinina hace que crezcan las raíces.

La giberelina se produce en las zonas de crecimiento: las raíces y los brotes

Respuesta rápida

La auxina es la responsable de que los brotes de las plantas se dirijan hacia el Sol. Si la luz brilla en una única dirección, la auxina se desplaza al lado sombreado para que las células crezcan más en esa zona. Así el brote se curva y se dirige hacia la luz; las hojas acaban mirando al Sol. Esta acción puede ser tan rápida como para seguir al astro por el cielo.



La giberelina colabora con las auxinas para que crezca el tallo

El crecimiento posterior es posible gracias al alimento creado en las hojas por la fotosíntesis

La auxina continúa inhibiendo las ramas laterales; por eso al podar un brote de crecimiento se elimina la fuente de auxina y aparece un follaje más espeso

BROTE VEGETATIVO

4 Ramificación

Parte de la citocinina sube por la savia de la planta hacia los brotes que crecen hacia arriba, empieza a desactivar la auxina y hace que la planta se ramifique hacia fuera. La ramificación hace que la planta sea más espesa y produzca más hojas para atrapar la energía lumínica.

La citocinina y la auxina tienen efectos contrarios en las raíces y los brotes

6 Floración

Al alcanzar la madurez sexual, la planta produce un regulador, el florígeno, en las hojas, a menudo tras determinados estímulos del entorno, como por ejemplo el cambio en la duración del día. La savia transporta el florígeno, que estimula a las yemas para que produzcan flores en lugar de hojas.

FLOR

Flor producida por una yema reproductora

Las hojas producen el florígeno en el momento ideal para la floración según la especie de la planta

BROTE REPRODUCTOR

El meristemo lateral interno produce nuevos vasos de transporte, que forman tejido fibroso al madurar

CORTEZA

TEJIDO FIBROSO

VASOS DE TRANSPORTE

El meristemo lateral externo produce tejido corchoso que se convertirá en la corteza

5 Más grosor

La combinación de los reguladores del crecimiento hace que el tallo se haga más grueso para soportar el mayor peso del follaje. En las plantas leñosas aparece un fino cilindro de células divisoras (el meristemo lateral) a lo largo del tallo que genera las capas de madera en su centro.

ALGUNOS TIPOS DE **BAMBÚ GIGANTE** PUEDEN CRECER HACIA ARRIBA UNOS **90 CM POR DÍA**

Respiración

La vida necesita energía para seguir adelante. Se usa en las mismas células, donde la maquinaria microscópica de la vida se esfuerza para procesar alimentos, crear nuevos materiales y responder a los cambios. La respiración celular genera esta energía en una serie de pasos para descomponer el alimento.

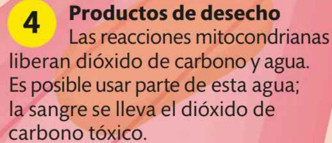
El combustible de las células

Prácticamente todas las formas de vida, de los microbios a los robles, obtienen su energía descomponiendo glucosa. La manera más eficaz es dividirla por completo, de manera que los seis átomos de carbono de la glucosa se separen en seis moléculas de dióxido de carbono. No obstante, para hacerlo hace falta oxígeno, igual que para cualquier combustión. Los animales aportan glucosa y oxígeno a las células con su sistema circulatorio. En ellas, se inicia una cadena de reacciones en el plasma celular y acaba en las mitocondrias, las plantas energéticas de la célula. Todo este proceso libera la máxima cantidad posible de energía.

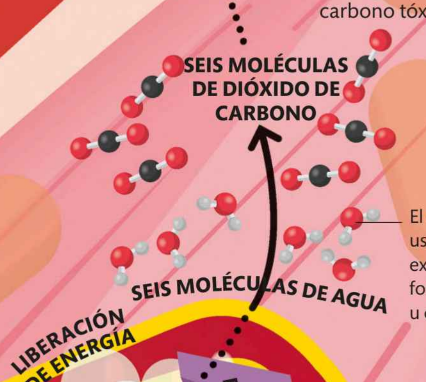
1 Reparto del combustible
Los animales grandes necesitan vasos sanguíneos para cubrir las necesidades de las células: el oxígeno puede llegar de pulmones o branquias y la glucosa de los intestinos. Las plantas y microbios absorben los nutrientes directamente del entorno; las plantas producen la glucosa en las células a través de la fotosíntesis.

2 Energía sin oxígeno
Los primeros pasos de la respiración se producen en la célula, donde cada molécula de glucosa se divide en dos moléculas de piruvato. Este paso no consume oxígeno y libera tan solo el 5 % de la energía potencial de la glucosa. Esta «respiración anaeróbica» es rápida y sirve para emergencias.

3 El oxígeno libera la potencia de la glucosa
Las moléculas de piruvato llegan a las mitocondrias, donde una serie de reacciones más complejas usan oxígeno para acabar de descomponer y aprovechar el piruvato al máximo.



4 Productos de desecho Las reacciones mitocondrianas liberan dióxido de carbono y agua. Es posible usar parte de esta agua; la sangre se lleva el dióxido de carbono tóxico.



¿A qué se destina la energía?

Todos los organismos usan energía para mantener las funciones de las células, el metabolismo basal; además, hace falta más esfuerzo para moverse, crecer y reproducirse. Proporcionalmente, los animales destinan más energía que las plantas a moverse porque la contracción muscular requiere energía. Los animales de sangre caliente son los de mayor demanda energética. El mayor gasto energético se dedica a mantener el calor de la temperatura corporal.

CLAVE
- Metabolismo
- Reproducción
- Generación de calor corporal
- Crecimiento
- Movimiento













Planta
Las plantas usan la energía lumínica para producir alimento con la fotosíntesis, pero sus células deben respirar para liberar energía y para sus procesos vitales.

Serpiente: sangre fría
Como otros animales, la serpiente dedica gran parte de su energía a moverse. No usa energía para calentarse el cuerpo, sino que confía en el Sol para ello.

Ratón adulto de sangre caliente
En proporción, los animales pequeños de sangre caliente pierden más calor, y dedican la mayor parte de su energía a calentar su cuerpo.

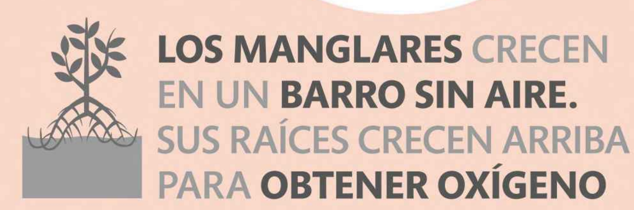
¿LAS PLANTAS RESPIRAN CO_2?

No. A la luz del sol, las plantas absorben dióxido de carbono para producir azúcar, pero no lo respiran. Las células de las plantas respiran como las de los animales: absorben oxígeno y liberan CO_2.

INTERCAMBIO DE GASES

La respiración celular no es lo mismo que la respiración pulmonar. La respiración celular libera energía y se produce en todas las células de los organismos. La respiración pulmonar (o ventilación) es el movimiento de los pulmones. Aporta un flujo constante de oxígeno nuevo a la sangre, además de retirar el dióxido de carbono.





El ciclo del carbono

Los átomos de carbono se desplazan por el aire, los océanos, la tierra y los cuerpos de los seres vivos a través de procesos biológicos y físicos. Las acumulaciones de carbono se conocen como «sumideros de carbono»; este se desplaza entre ellos a distintas velocidades.

Equilibrio natural

Cada año la fotosíntesis concentra carbono en las algas y plantas y pasa el dióxido de carbono (CO_2) del aire a los alimentos. La respiración celular y la combustión natural devuelven el carbono al aire más o menos en partes iguales. Otras transiciones mucho más lentas que duran millones de años desplazan el carbono a través de las rocas. Pero con la quema de combustibles fósiles, la liberación de CO_2 se acelera rápidamente, con la emisión adicional de 8200 millones de toneladas de carbono cada año.

ATMÓSFERA

El CO_2 supone únicamente el 0,04 % de la atmósfera.

653 000 MILLONES DE TONELADAS

COMBUSTIÓN ARTIFICIAL

8200 millones de toneladas

Al quemarse materia orgánica y combustibles fósiles, se forma CO_2. El consumo de combustibles fósiles por parte de los humanos para generar energía sucede mucho más rápido que el resto del ciclo y está liberando más CO_2 en la atmósfera que el que se recupera de manera natural.



Actividad volcánica

PROCESOS NATURALES

200 000 millones de toneladas

Respiración celular

La mayoría de los seres vivos producen CO_2 como producto de desecho al respirar. La respiración de las bacterias y otros organismos que descomponen la materia muerta producen una gran cantidad de CO_2, así como los incendios forestales y otros tipos de combustión.

COMBUSTIBLES FÓSILES

Las formas de vida fosilizadas formaron reservas subterráneas de carbono.

3,75 BILLONES DE TONELADAS

SERES VIVOS Y MATERIA INERTE

Todas las formas de vida tienen carbono en el cuerpo. La materia inerte también tiene carbono.

2,72 BILLONES DE TONELADAS

Plantas



Materia muerta

FOSILIZACIÓN

La materia muerta que se compacta con poco oxígeno no se acaba de descomponer y su carbono permanece en el suelo. Al cabo de millones de años, el carbono de las ciénagas prehistóricas y el plancton oceánico forman carbón, petróleo y gas metano.

ROCAS

Algunos tipos de rocas contienen carbono que se libera en el aire en las erupciones volcánicas.

MÁS DE 68 TRILLONES DE TONELADAS

PROCESOS GEOLÓGICOS

Erosión

Para que se cree una roca, o para que esta se disuelva, tienen que pasar millones de años. El carbono disuelto en el agua del océano se solidifica en las conchas calcáreas de los animales oceánicos y estas acaban formando piedra caliza.

Sedimentación

CLAVE

Algunas partes del ciclo del carbono duran poco; otras millones de años.

- Lento (millones de años)
- Rápido, natural (durante nuestra vida)
- Rápido, artificial (durante nuestra vida)

Las plantas terrestres usan la energía de la luz del Sol para fijar el CO_2 en moléculas mayores y más complejas, como los azúcares. Las algas unicelulares realizan algo similar en las aguas superficiales del océano. El carbono orgánico penetra así en las cadenas tróficas.

FOTOSÍNTESIS

Animales

204 000 millones de toneladas

INTERCAMBIO AIRE-MAR

El CO_2 se disuelve con facilidad en los océanos. Reacciona con el agua y forma una mezcla que contiene ácido carbónico y carbonato calcáreo. El proceso es reversible, por lo que existe el mismo intercambio lento entre el aire y el agua en la superficie.

Algas unicelulares

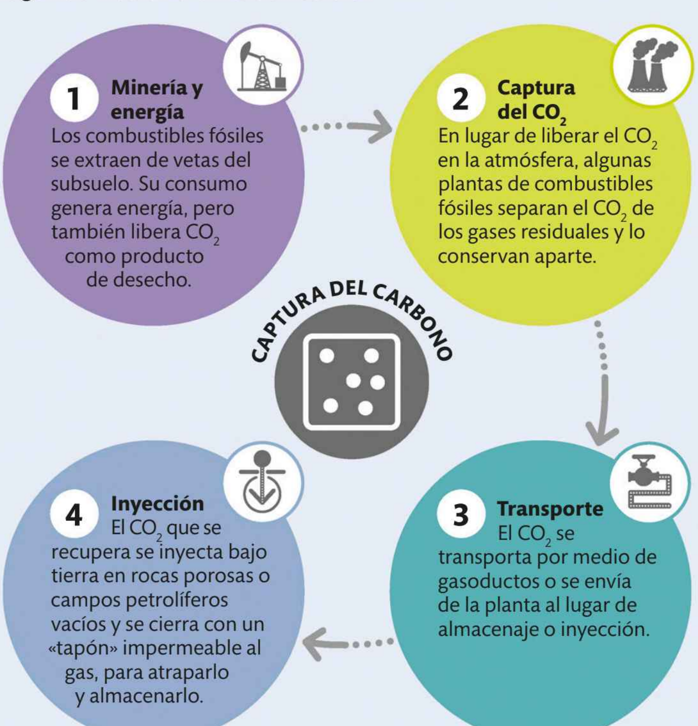
OCÉANOS

El agua del océano almacena carbono en forma de CO_2, ácido carbónico, carbonato de hidrógeno y carbonato.

33,9 BILLONES DE TONELADAS

Captura del carbono

La combustión humana y la respiración celular liberan 208 200 millones de toneladas de CO_2 en la atmósfera cada año. La fotosíntesis absorbe 204 000 millones de toneladas. Se acumulan, pues, 4200 millones de toneladas. El aumento del CO_2, un gas de efecto invernadero (p. 245), provoca calentamiento global (pp. 246-247). Gracias a la tecnología, la industria puede capturar el carbono en lugar de liberarlo en la atmósfera.



ACIDIFICACIÓN OCEÁNICA

Cuando sube el nivel de CO_2 en la atmósfera, penetra más CO_2 en el océano, reacciona con el agua y produce así más ácido carbónico. Un aumento del 30 % de la acidez oceánica desde 1750 ha tenido consecuencias importantes en la vida marina: ha provocado corrosión en los moluscos y el retroceso del coral.

MOLUSCO SANO

MOLUSCO GASTADO

Envejecimiento

Como todo lo que tiene piezas que se mueven, los seres vivos muestran signos del paso del tiempo. Los seres vivos pueden repararse pero al final los cuerpos acaban funcionando mal.

¿Qué es envejecer?

Puede relacionarse el declive de las funciones biológicas a lo largo del tiempo con la pérdida de propiedades de células, cromosomas y genes. Las células de los seres vivos pluricelulares se dividen de manera constante para crear otras nuevas; en general, empiezan a deteriorarse tras 50 divisiones, y por ello baja la producción de nuevas células, hasta que se acaba. Esto se asocia a que la composición genética cada vez es más inestable, lo que termina por hacer que las células (y por lo tanto el cuerpo) no funcionen bien. Los efectos se vinculan a muchos fenómenos degenerativos, desde una recuperación lenta tras una lesión hasta la demencia.

CÉLULA DE UN ORGANISMO JOVEN

NÚCLEO

CROMOSOMA

Telómeros largos al principio de la vida

Cromosomas jóvenes
Cuando las células se dividen, se replica el ADN para copiar la información genética. Los telómeros, unos apartados que no codifican, protegen los extremos de los cromosomas. Los cromosomas de los organismos jóvenes tienen telómeros largos.

Empiezan a aparecer mutaciones

Los telómeros cada vez son más cortos

UNO DE LOS **SERES VIVOS MÁS LONGEVOS** ES UN **PINO** CUYA EDAD SE CALCULA EN MÁS DE **5000 AÑOS**

CREMAS ANTIARRUGAS

Las arrugas aparecen en la piel por la pérdida de fibras de proteína. Las cremas antiarrugas contienen antioxidantes y elementos que aumentan la producción de estas fibras, lo que hace que la piel quede más firme.

CÉLULA DE UN ORGANISMO VIEJO

NÚCLEO

CROMOSOMA

Degradación de los cromosomas
Las mutaciones (errores de copia) se acumulan con el paso del tiempo y los telómeros se acortan cada vez que se replica el ADN. Cuando esta erosión llega al apartado de codificación del extremo, sus genes pueden fallar.

Los cromosomas acumulan mutaciones, lo que afecta a la expresión de los genes

Cuando los telómeros se agotan, las células no pueden dividirse más

Descomposición celular
Los genes codifican proteínas que efectúan todo tipo de tareas, desde llevar a cabo reacciones químicas hasta interceptar señales; por ello los errores en los genes acaban provocando errores en las funciones. Con el paso del tiempo, las células pierden eficiencia.

MITOCONDRIA

Se libera menos energía

Las cadenas de proteína se doblan de manera diferente y no funcionan bien

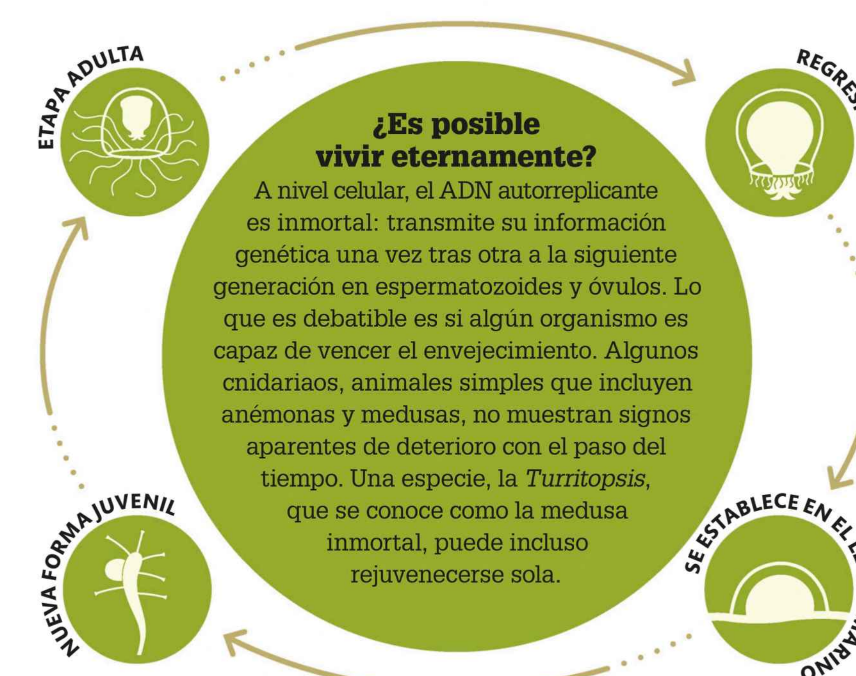
PROTEÍNA MAL DOBLADA

HORMONAS

Las señales químicas, como las hormonas, provocan respuestas menos eficientes

NUTRIENTES

Los nutrientes, como la glucosa, se detectan menos y se absorben de manera menos eficiente



¿Es posible vivir eternamente?

A nivel celular, el ADN autorreplicante es inmortal: transmite su información genética una vez tras otra a la siguiente generación en espermatozoides y óvulos. Lo que es debatible es si algún organismo es capaz de vencer el envejecimiento. Algunos cnidariaos, animales simples que incluyen anémonas y medusas, no muestran signos aparentes de deterioro con el paso del tiempo. Una especie, la *Turritopsis*, que se conoce como la medusa inmortal, puede incluso rejuvenecerse sola.

RETRASAR SUS EFECTOS

Hay fármacos experimentales que contrarrestan o reparan daños en el ADN y, en un futuro, se podría usar terapia genética (pp. 182-183) para reiniciar las células viejas. La mejor forma de reducir el riesgo de los trastornos degenerativos típicos de la edad avanzada sigue siendo un mejor estilo de vida: hacer ejercicio habitualmente y llevar una buena dieta. Así también se alarga la esperanza de vida.

 **Fármacos**
 **Terapia genética**
 **Dieta**
 **Ejercicio**

Genomas

Las moléculas de ADN contienen la información genética de cada ser vivo, cuyo conjunto completo se denomina genoma. Analizando el genoma en el laboratorio podemos detectar genes concretos, entender cómo funcionan e incluso producir una «huella genética» exclusiva de cada individuo.

Cómo se organiza el ADN

El ADN se compone de genes, que guardan información para crear proteínas (pp. 158-159). Las moléculas de ADN de las bacterias flotan libres por el citoplasma de la célula, pero los organismos con células más complejas, como las plantas y los animales, tienen cadenas de ADN muy largas, todas ellas dentro del núcleo. Durante la división celular se enrollan aún más hasta formar un cromosoma y así evitar que se enmarañen.

GEN 1
Parte de codificación
Intrón (parte sin codificación)
Algunas partes del ADN sin codificación entre genes contienen instrucciones para activarse o desactivarse
Parte de codificación
GEN 2
Intrón
Las partes de codificación de los genes indican a las células cómo crear las proteínas
El ADN sin codificación entre los genes se denomina ADN intergénico
ADN INTERGÉNICO
Un cromosoma se compone de cadenas de ADN muy comprimidas
CROMOSOMA
Los pares de cromosomas contienen los mismos tipos de genes
CÉLULA
NÚCLEO

Genoma humano
El genoma humano completo se compone de 23 pares de cromosomas.

ADN basura

Los genes suelen estar separados por fragmentos de ADN que no codifican proteínas. Parte de este ADN sin codificación controla la activación o desactivación de los genes para que las células se especialicen en diferentes tareas. El ADN de animales y plantas también contiene secuencias sin codificación en el interior de los genes. Estas porciones, denominadas intrones, se eliminan del mensaje antes de crear la proteína. Ayudan a editar diferentes porciones de codificación de un gen para que pueda realizar varias proteínas. Sin embargo, hay tramos de ADN entre genes o en su interior sin un objetivo claro; es lo que suele conocerse como «ADN basura» y puede haber perdido sus funciones durante el transcurso de la evolución.

Huella genética

La secuencia de bases químicas del ADN de cada individuo (pp. 158-159) es exclusiva, salvo en los gemelos, lo que convierte el ADN en una buena herramienta para la comparación cruzada de muestras de sangre, saliva, semen u otro material biológico. La huella genética compara apartados repetitivos del ADN denominados repeticiones en tándem, cuya longitud es diferente en cada individuo.

1 Recogida de muestras Se recogen muestras de ADN del arma del crimen y de los sospechosos, normalmente de la boca. El ADN se copia una vez tras otra para disponer de una gran cantidad para analizar.

2 Fragmentación del ADN El ADN se divide en fragmentos que escinden específicamente las repeticiones en tándem para obtener una mezcla de fragmentos de varios tamaños, según su longitud.

3 Separación de fragmentos Se aplica una carga eléctrica a un bloque de gel que separa el ADN con carga negativa. Los fragmentos pequeños se desplazan más rápido hacia el polo positivo y, por lo tanto, cubren una mayor distancia. Cada grupo de fragmentos se tinta para obtener un patrón de franjas exclusivo para cada individuo.

4 Coincidencia Si la huella genética del arma coincide con la de algún sospechoso, es posible identificar al culpable.

SI SE DESENROLLARA EL ADN DE UNA CÉLULA HUMANA, TENDRÍA UNA LONGITUD DE MÁS DE 2 M

EL PROYECTO GENOMA HUMANO

En 2003 se completó el Proyecto Genoma Humano, una colaboración internacional entre investigadores que había empezado en 1990 con el objetivo de documentar la secuencia de 3000 millones de piezas, o bases, que conforman el ADN humano. Aunque la secuencia concreta es distinta en cada persona, el proyecto publicó una secuencia promedio obtenida a partir de diversos donantes anónimos que supuso un gran paso para entender mejor los genes humanos en general.

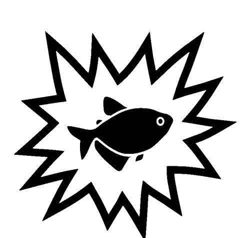


Ingeniería genética

La información genética está tan vinculada a la identidad de cada ser vivo que parece una fantasía que podamos llegar a manipularla. Aun así, la ciencia puede alterar esta información para cambiar características y obtener beneficios médicos y en otros campos.

Reescribir los datos genéticos

Con la ingeniería genética se modifica la composición genética de un ser vivo añadiendo, retirando o alterando genes. Como los genes son fragmentos de ADN que codifican proteínas (p. 158), al alterarse de una manera concreta se cambian sus propiedades para fabricar proteínas, lo que puede modificar las características del organismo. Es posible recortar genes de los cromosomas (p. 178) o copiarlos de otro material genético, el ARN (pp. 158-159). Un catalizador químico, o enzima, es el responsable de cada paso.



SE VENDEN **COMO MASCOTAS PECES** MODIFICADOS GENÉTICAMENTE QUE **BRILLAN EN LA OSCURIDAD**

Producir insulina

El código genético para producir insulina de las células humanas se puede extraer e introducirlo en bacterias, que después servirán como fábricas vivientes de insulina para tratar a diabéticos. El código se obtiene a través de las copias del ARN de la célula, más fácil de extraer que el ADN; también se edita para eliminar las partes sin codificación (p. 179).

CÉLULA DEL PÁNCREAS

Gen (ADN) que codifica la producción de insulina

Copia del gen del ARN hecha por una célula para producir insulina

Copia del ARN del gen productor de insulina extraído del citoplasma de la célula

ENZIMA

CADENA DE ARN

1 Obtener el código
Se extrae la cadena de ARN que codifica la insulina de una célula productora de insulina del páncreas humano. A continuación una enzima realiza una copia del ADN a partir de la cadena de ARN.

2 Crear la doble hélice
A través de otra enzima se produce una cadena de ADN complementaria con la cadena de ADN sola para crear la doble hélice, la forma funcional de ADN natural en las células.

Se fabrica la cadena de ADN complementaria a la cadena de ARN

CADENA ÚNICA DE ADN

HÉLICE DE ADN

La doble hélice contiene el gen de la insulina

ENZIMA

Se añaden piezas de ADN para crear la conocida forma de doble hélice

Doble hélice de ADN desenrollada para poder copiar el gen

3 Hacer copias
La doble hélice con el gen se desenrolla y replica varias veces para obtener muchas copias genéticamente idénticas, de la misma manera que se replica el ADN de manera natural.

Enzima de replicación del ADN

ADN CON EL GEN DE LA INSULINA

¿Por qué cambiar genes?

La ingeniería genética puede ser muy útil. Además de diseñar microbios para que produzcan en masa proteínas importantes para la medicina, se pueden dar rasgos concretos a plantas y animales; la terapia genética tiene la capacidad de tratar trastornos genéticos.

EJEMPLOS DE INGENIERÍA GENÉTICA



Productos médicos
Al contrario que las proteínas de origen animal, las de microbios genéticamente modificados se pueden producir en masa.



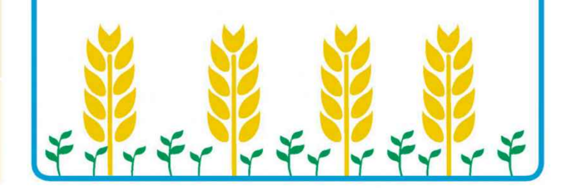
Plantas y animales modificados genéticamente (MG)
Se pueden modificar para mejorar su valor nutricional o aumentar la resistencia a sequías, enfermedades o plagas.



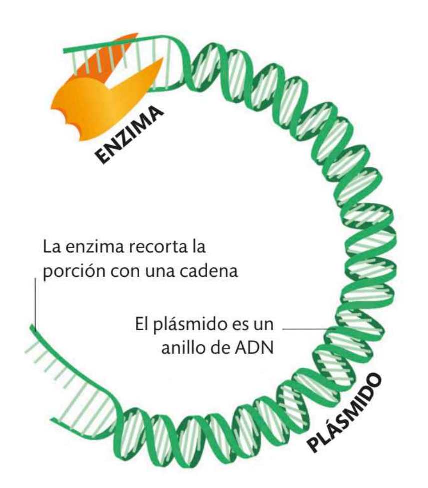
Terapia genética (pp. 182-183).
Se puede hacer que células con trastornos genéticos vuelvan a actuar de manera normal tras introducir el gen adecuado.

¿CÓMO LOS CONTROLAMOS?

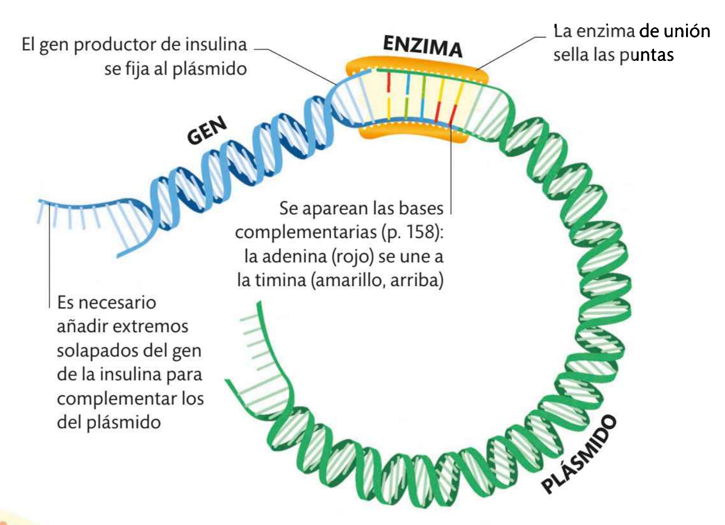
La introducción de plantas con genes ajenos preocupa porque podrían proliferar sin control y convertirse en «superhierbas» en estado salvaje. Los cultivos de plantas MG incluso podrían polinizar accidentalmente plantas silvestres que, a su vez, podrían convertirse en malas hierbas perniciosas. El «traspaso genético» entre plantas MG y no MG se ha documentado, pero los científicos no se ponen de acuerdo sobre su posible impacto ambiental.

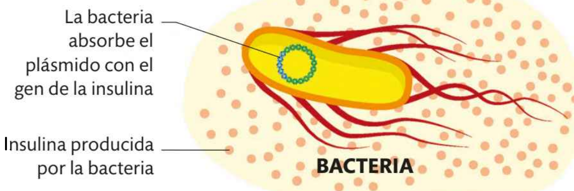


4 Preparación de la unión
Los anillos de ADN denominados plásmidos (que aparecen de manera natural dentro de las bacterias) se abren con una enzima específica y dejan fragmentos de una única cadena colgando en los extremos cortados, con una secuencia específica de bases.



5 Inserción del gen
Se añaden puntas de una única cadena al ADN del gen. Los flecos se complementan con los del plásmido y, por lo tanto, las cadenas se combinan al momento. Otra enzima sella la conexión para que se creen plásmidos con el gen de la insulina.





6 Producción de insulina
Las bacterias absorben los plásmidos modificados genéticamente con el gen de la insulina. Los plásmidos se replican cuando se reproducen las bacterias, que producen insulina. Esta se puede separar del cultivo y purificar.

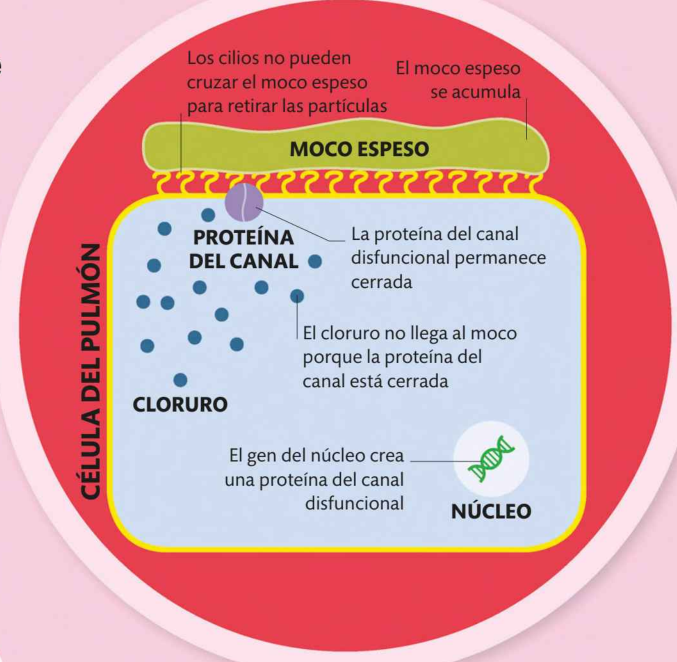
Terapia genética

Determinados tipos de enfermedades requieren un tratamiento especialmente sofisticado, con el ADN como medicina. La terapia genética aporta a las células una información genética que cambia su conducta para curar una enfermedad.

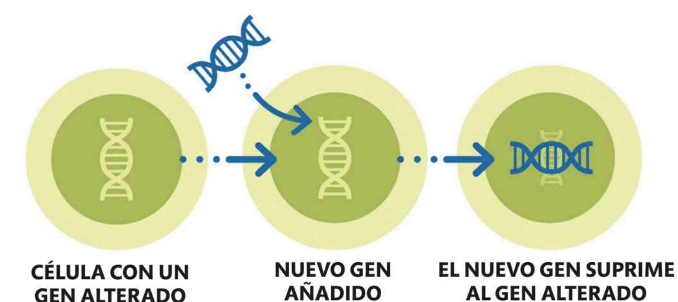
Cómo funciona la terapia genética

Los genes son secciones del ADN que indican a las células cómo crear determinados tipos de proteínas. Introduciendo un gen en una célula, la terapia genética puede corregir errores en el ADN que hacen que no se produzcan las proteínas adecuadas o activar una nueva tarea que contrarreste una enfermedad. Esta técnica es mejor en enfermedades provocadas por un único gen (como la fibrosis quística) que en las causadas por la combinación de varios genes. Se introduce el gen curativo en la célula, dentro de una partícula denominada vector, que puede ser un virus desactivado o una gotita grasa conocida como liposoma.

PERSONA CON FIBROSIS QUÍSTICA



1 Fibrosis quística
Los afectados de fibrosis quística tienen problemas en las células pulmonares: sus genes disfuncionales codifican proteínas de canal cerradas, por lo que el moco que recubre las vías respiratorias es demasiado espeso y dificulta la respiración.





Inhibición genética
Un gen introducido produce una proteína que suprime la acción de un gen patológico. Sus objetivos incluyen determinados tipos de genes que podrían desencadenar una división celular descontrolada y provocar un cáncer.

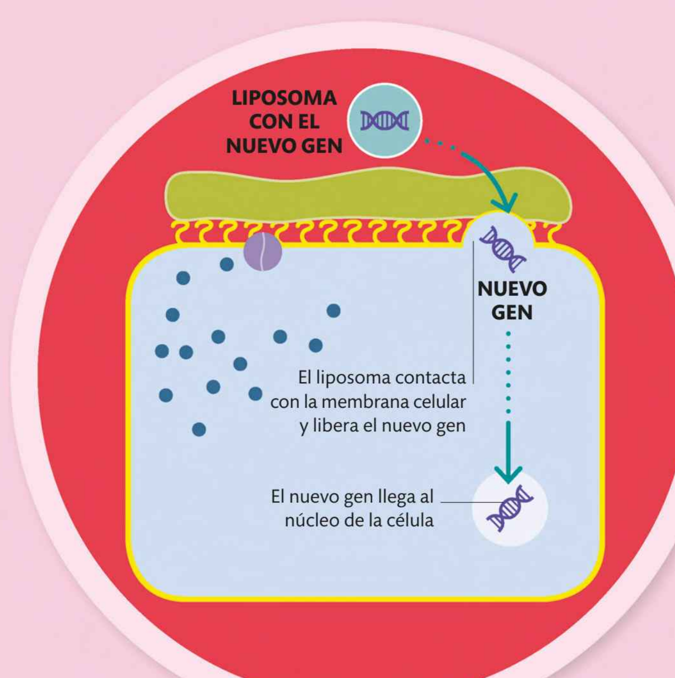
LA **TERAPIA GENÉTICA** INTENTA **TRATAR CIERTOS TIPOS** DE **CÁNCER**



¿LA TERAPIA GENÉTICA ES UNA CURA PERMANENTE?

Las células tratadas se multiplican, pero acaban muriendo y siendo sustituidas por células enfermas; por ello, las terapias actuales duran poco y son necesarios varios tratamientos.

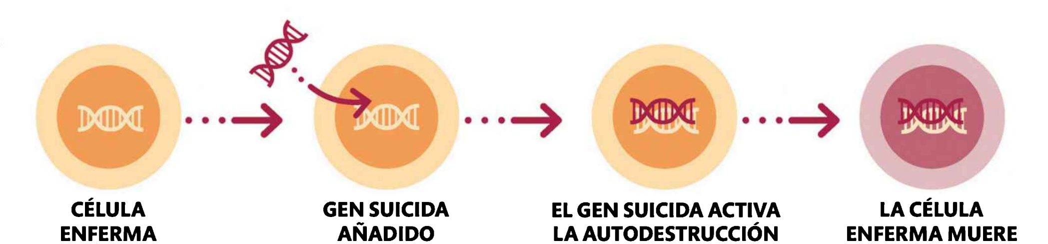




2 Se añade el gen
Un inhalador introduce los liposomas en el cuerpo. Estos contienen los genes adecuados de la proteína del canal y llegan a través de las vías respiratorias a las células que las recubren, donde se combinan con el ADN del núcleo de la célula.

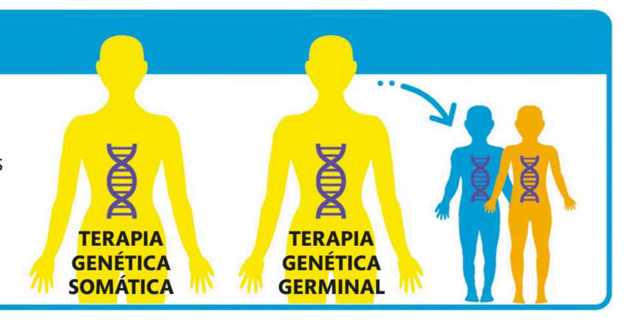
3 El gen restablece la función
Los nuevos genes indican a las células cómo producir las proteínas del canal adecuadas, para que el cloruro pueda llegar al moco. El moco, más salado, absorbe el agua de las células y se hace más viscoso, lo que facilita la respiración.

Matar células concretas
Los genes suicidas que atacan específicamente células enfermas hacen que estas células se autodestruyan, o las marcan como enemigos para que el sistema inmunitario las ataque.



¿SE HEREDAN LOS NUEVOS GENES?

La terapia genética convencional, o terapia genética somática, introduce genes en células del cuerpo que no participen en la producción de óvulos o espermatozoides. Cuando estas células se multiplican, los genes replicados permanecen en los tejidos afectados y no se transmiten a los descendientes. La terapia genética germinal, considerada no ética por muchos, añadiría genes a óvulos o espermatozoides para heredar sus genes.



Células madre

El cuerpo de los animales se compone de células especializadas en tareas como el transporte de oxígeno o la transmisión de impulsos nerviosos. Solo una pequeña reserva de células no especializadas, o células madre, conservan la capacidad de dar pie a esta diversidad, un potencial aprovechable para curar enfermedades.

Tipos de célula madre

No es de extrañar que las células de los embriones sean las que tienen el mayor potencial para formar diferentes tejidos: una bolita de células embrionarias se convertirá en un cuerpo con todas sus partes. Sin embargo, cuando se diferencian, sus células pierden la versatilidad, pues se dedican solo a sus tareas especializadas. Solo algunas partes del cuerpo, como la médula ósea, conservan las células madre, aunque con una capacidad limitada para diversificarse.

CÉLULA MUSCULAR
NEURONA
CÉLULA PLACENTARIA
CÉLULA CUTÁNEA
GLÓBULO BLANCO
GLÓBULO ROJO
CÉLULA GRASA
CÉLULA EPITELIAL
MÓRULA (EMBRIÓN)

ÉTICA Y CÉLULAS MADRE

Las células madre embrionarias tienen gran potencial para usos terapéuticos, pero muchos no consideran aceptable éticamente el uso de embriones humanos. Obtener células madre de embriones es ilegal en algunos países. Las células madre adultas, como las de la médula ósea o el cordón umbilical, están libres de polémica, pero su potencial es limitado y no son tan útiles para encontrar tratamientos de trastornos como la diabetes y el Parkinson.

Primeras células madre del embrión
Cuando todavía es una bola maciza, conocida como mórula, las células del embrión primigenio tienen el mayor potencial de desarrollo. Cada una de estas células madre «totipotentes» tiene la capacidad de formar cualquier parte del embrión; en la mayoría de los mamíferos incluyen las membranas que acabarán formando la placenta.

Terapia con células madre

Las células madre pueden ayudar a crear tejidos sanos para tratar enfermedades. Los trasplantes de médula ósea, por ejemplo, dependen de la capacidad de formación de células sanguíneas de las células madre adultas para tratar trastornos como la leucemia. La terapia con células madre también podría reparar las células productoras de insulina en los diabéticos. Los ensayos, normalmente con animales, usan células madre de embriones o células adultas tratadas para aumentar su potencial.



EN UN ENSAYO, **EL 50 %** DE LOS PACIENTES CON **LESIÓN MEDULAR** TRATADOS CON **CÉLULAS MADRE** SE RECUPERARON EN PARTE

CÉLULA MUSCULAR

NEURONA

CÉLULA EPITELIAL

BLASTOCITO (EMBRIÓN)

Las células del exterior no son pluripotentes; en los mamíferos solo se convierten en la placenta

Las células del interior del blastocito son células madre pluripotentes

CÉLULA GRASA

CÉLULA CUTÁNEA

GLÓBULO ROJO

GLÓBULO BLANCO

MÉDULA ÓSEA

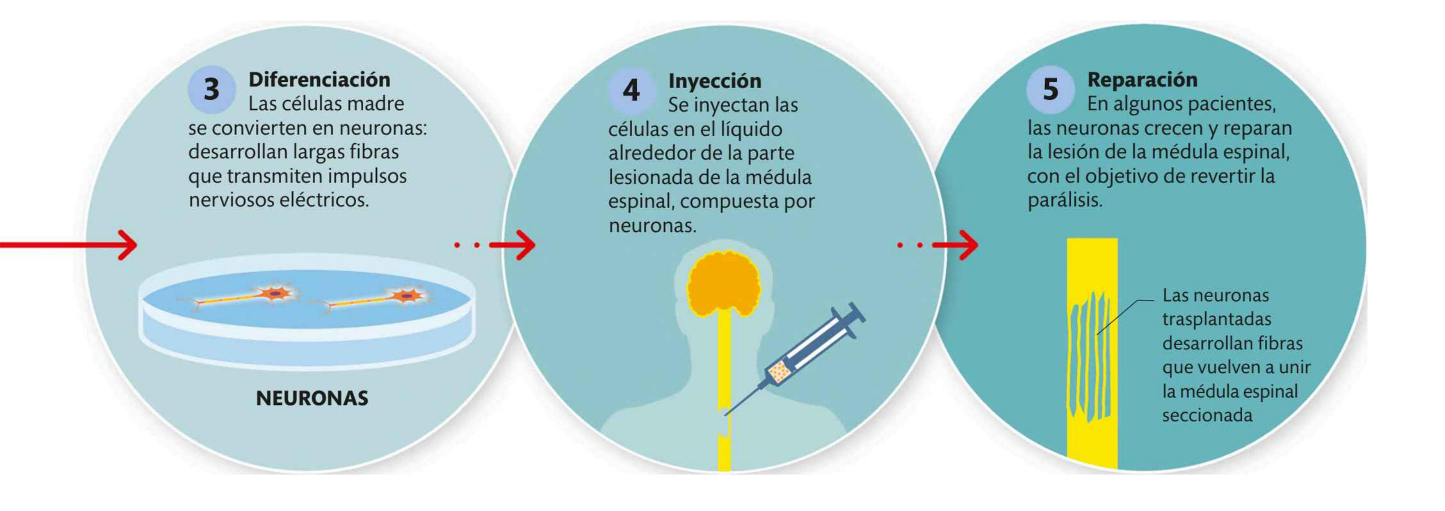
Uno de varios tipos de glóbulos blancos

GLÓBULOS ROJOS

GLÓBULOS BLANCOS

Células madre del embrión primigenio
Cuando el embrión llega a la siguiente etapa, una esfera de células hueca denominada blastocito, se ha alcanzado el primer paso de la especialización. En la mayoría de los mamíferos la capa de células exteriores forman la placenta. Solo la masa de células del interior, con células madre «pluripotentes», formarán las partes del cuerpo del embrión.

Células madre adultas
El cuerpo adulto conserva algunas células madre, que solo pueden convertirse en un abanico limitado de tipos de células; se consideran «multipotentes». Por ejemplo, la mayoría de los huesos del cuerpo contienen células madre multipotentes en la médula ósea que pueden diferenciarse en diversos tipos de células sanguíneas.



Clonación

Los clones son organismos genéticamente idénticos. La tecnología puede manipular la clonación, lo que tiene implicaciones más allá de la propia medicina.

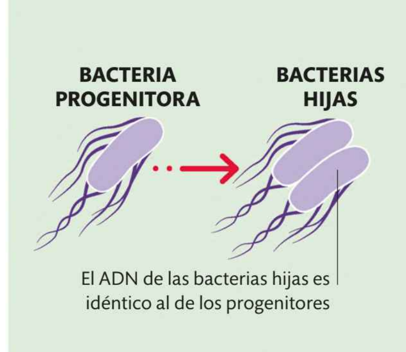
Cómo funciona la clonación

La clonación se basa en el ADN autorreplicante que dirige la división de las células y multiplica cualquier ser vivo que se pueda reproducir de manera asexual. Las técnicas de laboratorio van más allá y manipulan ciertos tipos de células y tejidos no especializados para producir clones que no aparecerían de forma natural.

¿LOS GEMELOS SON CLONES?

Así es: los gemelos son clones, pues surgen cuando un único óvulo fecundado se divide en dos células en el útero, que acabarán desarrollando embriones genéticamente idénticos.

CLONACIÓN NATURAL

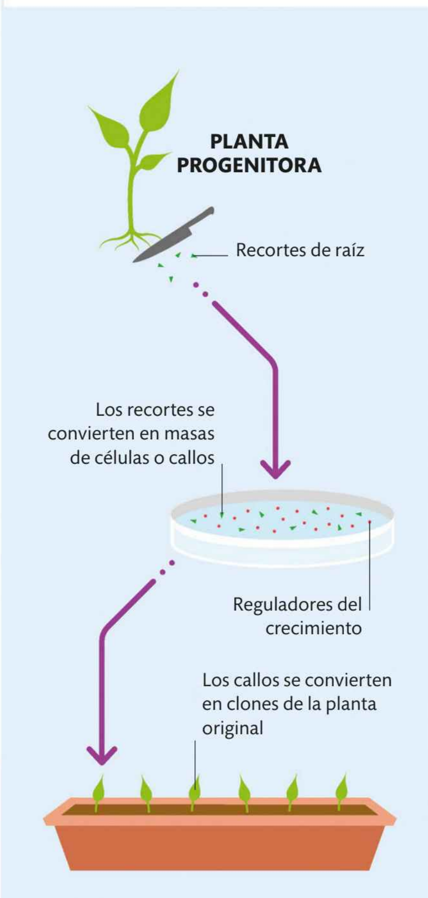


Reproducción asexual en microbios
Los microbios, como las bacterias, se reproducen de manera asexual, clonándose. El ADN se replica justo antes de la división celular. Cada célula contendrá una copia idéntica del ADN.



Reproducción asexual en plantas
Los sistemas subterráneos de raíces conocidos como rizomas contienen el tejido necesario para que broten nuevos árboles genéticamente idénticos a las plantas progenitoras. Los álamos producen unas de las mayores extensiones de clones del planeta.

CLONACIÓN ARTIFICIAL



Cultivo de tejido
Algunas partes de las plantas se convierten en plantas nuevas si reciben reguladores del crecimiento. Las diminutas plantas brotan en una gelatina estéril y rica en nutrientes antes de plantarse en el suelo.

RATA MADRE

Embrión de ocho células extraído del útero de una rata

El embrión de cuatro células continuará dividiéndose

CLON 1

CLON 2

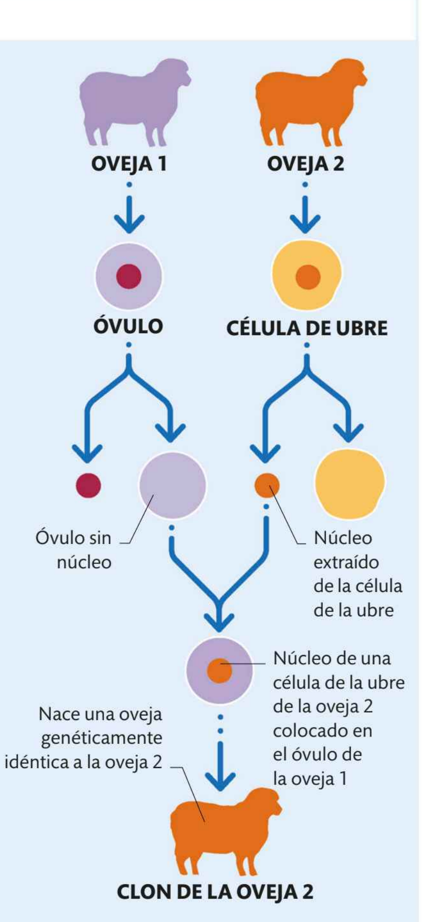
Fragmentación embrionaria
Las primeras técnicas de clonación de animales con éxito se hacían dividiendo embriones. Si se realiza en una etapa temprana, las células no especializadas del embrión conservan la capacidad de poder formar todas las partes del cuerpo.

UNA **CABRA MONTÉS** FUE EL **PRIMER ANIMAL** QUE SE **RESUCITÓ TRAS SU EXTINCIÓN**, PERO MURIÓ AL CABO DE **7 MINUTOS**

¿RESUCITAR ESPECIES EXTINTAS?

Las muestras conservadas ofrecen la atractiva posibilidad de resucitar especies extintas. Sin embargo, el ADN se degrada con el tiempo: el ADN viejo no posee las instrucciones vitales para crear un embrión viable. Los científicos tienen secuencias de ADN de tejidos congelados de mamut especialmente intactos, pero están demasiado dañadas e incompletas para clonarse. Los científicos planean unir genes de mamut y de elefante asiático (el pariente vivo más cercano al mamut) para crear un embrión híbrido que se podría desarrollar en un útero artificial. No obstante, este experimento no está libre de controversia ética.

MAMUT LANUDO



Transferencia nuclear
Pueden producirse clones con tejido somático (del cuerpo). Se retira el núcleo de un óvulo y se reprograma con el de una célula del cuerpo del donante con potencial para producir un clon. La oveja Dolly se clonó con esta técnica.

Clonación terapéutica

La clonación permite tratar enfermedades con las propias células del paciente para que formen tejidos que puedan trasplantarse otra vez al cuerpo. La coincidencia genética reduce el rechazo al mínimo. Los ensayos con animales de laboratorio han demostrado que las células clonadas pueden regenerar el tejido nervioso y reducir los síntomas del Parkinson. Los avances en esta técnica pueden llevar a la producción de órganos enteros para su trasplante.

1 **Paciente**
El paciente sufre una enfermedad y ciertos tejidos no funcionan de manera adecuada.

2 **Célula del cuerpo**
Todas las células del cuerpo poseen un grupo completo de genes humanos, incluidos los que producen el tejido defectuoso.

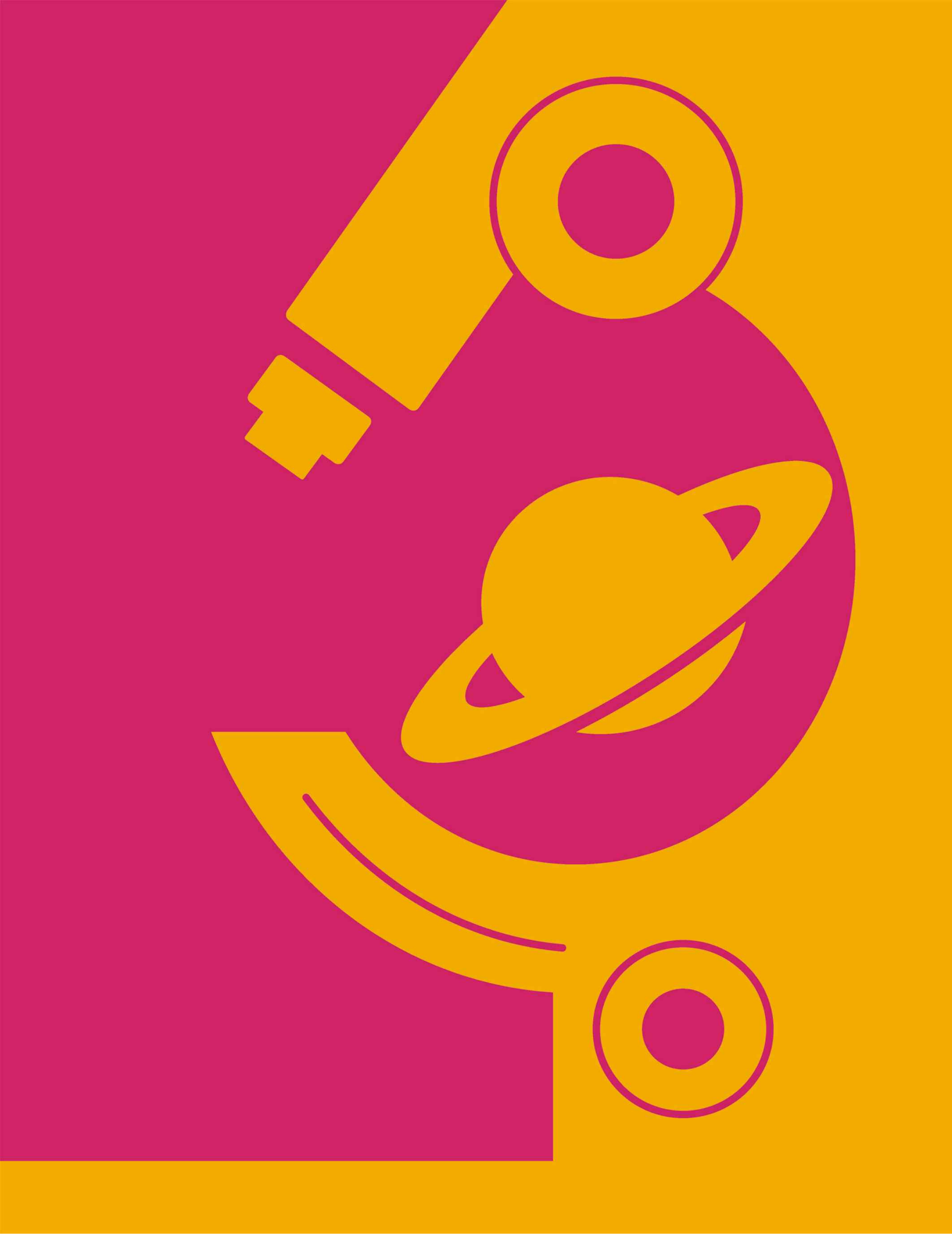
3 **Retirada del núcleo**
Se retira el núcleo, con el material genético. Se desecha el citoplasma celular.

4 
Inserción del núcleo
El núcleo se introduce en un óvulo o una célula embrionaria cuyo núcleo se ha retirado.



5 
Crecimiento del embrión
Crece un embrión, que consiste en una bola de células genéticamente idénticas al paciente.

6 
Nuevo tejido
Las células embrionarias no especializadas, o células madre, generan tejido para trasplantarlo al paciente y tratar su enfermedad.



EL ESPACIO

Estrellas

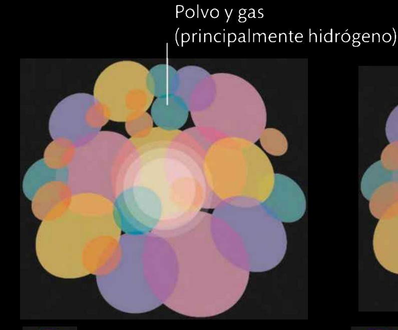
Una estrella es una gran bola de gas brillante que cobra vida cuando las reacciones nucleares encienden su núcleo. Las estrellas más grandes brillan más pero se apagan antes que las pequeñas, que consumen lentamente su combustible. La masa de la estrella también determina la naturaleza de su muerte.

¿CUÁNTO VIVEN LAS ESTRELLAS?

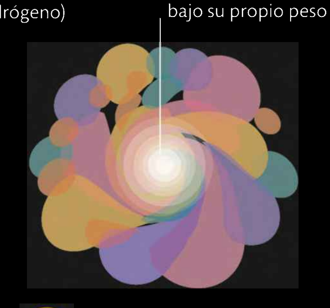
La vida de una estrella depende de su tamaño. Las más grandes pueden durar cientos de miles de años, mientras que las más pequeñas pueden arder durante billones de años.

Nace una estrella

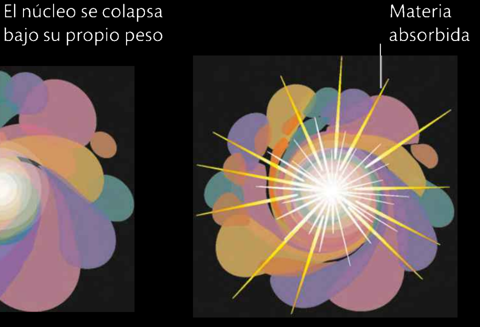
Las estrellas se forman en gélidas nubes de polvo y gas interestelar conocidas como nebulosas. Las agrupaciones de gas se fragmentan y, si llegan a la densidad adecuada, se colapsan bajo su propia gravedad y liberan calor. Si producen el calor suficiente para iniciar la fusión termonuclear (p. 193), nace una estrella. Este proceso puede tardar varios millones de años.



1 Nube molecular Un poco por encima del cero absoluto, los gases se convierten en moleculares (formados por moléculas y no por iones) y se unen. Las partes de nube más densas se separan.



2 Fragmento en colapso Un denso fragmento de gases se colapsa y eleva la temperatura del núcleo. El momento angular convierte el fragmento en un disco giratorio.



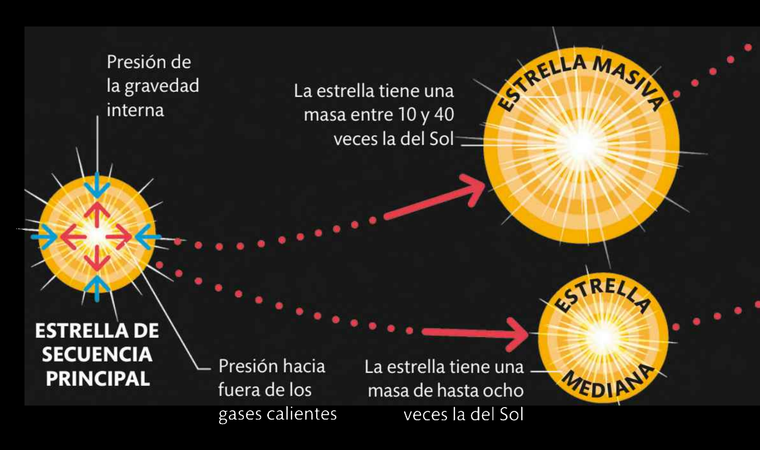
3 La protoestrella se forma La densa región central forma una protoestrella, y el disco puede convertirse en un sistema planetario. Su tamaño se multiplica por 100 gracias a la materia que absorbe.



4 Inicio de la fusión La caída de materia hacia el interior se detiene cuando se inicia la fusión termonuclear. Se consume hidrógeno y se producen potentes vientos estelares.

Vida y muerte de una estrella

La mayoría de las protoestrellas se convertirán en estrellas medianas o de «secuencia principal», estables gracias a un equilibrio de fuerzas: la presión de los gases calientes en expansión contra la gravedad interna. El ciclo de vida de una estrella depende de su masa: cambia de tamaño, temperatura y color al envejecer. Algunas estrellas se apagan, y otras acaban con una explosiva supernova y dejan su material para la formación de estrellas y planetas. Como la mayoría de los elementos del universo se han creado en las reacciones nucleares de las estrellas, se puede afirmar que nuestro mundo es de polvo de estrellas.





AGUJERO NEGRO

Las estrellas más grandes se convierten en agujeros negros

ESTRELLA DE NEUTRONES

El núcleo compacto que deja una supernova solo está compuesto por neutrones y gira a gran velocidad

SUPERNOVA

La estrella se queda sin combustible; las capas exteriores se colapsan con el núcleo y explotan hacia fuera a 30 000 km/s

El material que queda tras una supernova se esparce tras millones de años en nubes de gas cercanas

ESCOMBROS Y POLVO

ENANA NEGRA

La enana blanca puede acabar apagada y convertida en un frío objeto oscuro, una enana negra; pero el universo no tiene la edad suficiente para que existan

ENANA BLANCA

Aquí está el núcleo de la nebulosa planetaria; está muy caliente

La estrella se expande y enfría; cambia de color y se torna roja

ESTRELLA SUPERGIGANTE ROJA

NEBULOSA PLANETARIA

Durante una fase relativamente corta, la estrella presenta una capa de gas caliente que le da aspecto de planeta

ESTRELLA GIGANTE ROJA

La estrella se expande y enfría al agotar el hidrógeno

RECICLAJE ESTELAR

El Big Bang solo creó hidrógeno, helio y litio. Casi todos los elementos más pesados se crearon en estrellas o explosiones de supernovas, donde se liberan estos materiales para que se formen estrellas y planetas nuevos.

1. Los elementos pesados pasan a las nubes moleculares que después se colapsarán
2. Los fragmentos colapsados se calientan y forman protoestrellas
3. Reacciones termonucleares forman las estrellas
4. Las estrellas emiten material y vuelve a empezar el ciclo

UNA **CUCHARADITA** DE MATERIAL DE **ESTRELLA DE NEUTRONES** PESA **5000 MILLONES DE TONELADAS**

El Sol

El Sol es la estrella más cercana. Es una enana amarilla, una estrella de tamaño medio que genera energía con la fusión nuclear. Se calcula que está a la mitad de su vida; lo más probable es que continúe estable durante 5000 millones años más.

El Sol por dentro y por fuera

El Sol está compuesto principalmente por los gases hidrógeno y helio en estado de plasma: el gas está tan caliente que sus átomos han perdido los electrones y se han ionizado (pp. 20-21). El Sol se divide en seis regiones: el núcleo central en su interior, donde tiene lugar la fusión nuclear, está rodeado por las zonas radiativa y convectiva; en el exterior, la superficie visible, o fotósfera, está envuelta por la cromósfera y la región más exterior, la corona.

CORONA
CROMÓSFERA
FOTÓSFERA
ZONA CONVECTIVA
ZONA RADIATIVA
NÚCLEO

La fusión del núcleo, cuya temperatura llega a los 15 millones de grados centígrados, produce todo el calor y la luz del Sol

En la zona radiativa, los fotones saltan de partícula en partícula antes de acabar escapando hacia el exterior

La temperatura de la zona convectiva, donde suben las burbujas de plasma caliente, cae hasta los 1,5 millones de grados centígrados

HIDRÓGENO 70,6%

HELIO 27,4%

ELEMENTOS PESADOS 2% oxígeno, nitrógeno, carbono, neón, hierro y otros

La masa del Sol
El hidrógeno supone más o menos el 75% de la masa del Sol. Su masa global es de unas 330 000 veces la de la Tierra.

La corona, la capa más externa del Sol, se extiende hacia el espacio

Las manchas solares son áreas oscuras relativamente frías de la fotósfera que están causadas por la concentración del campo magnético solar, que inhiben la transferencia de calor al exterior

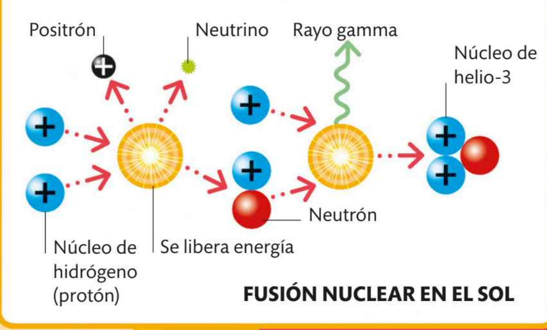
EL SOL ES EL OBJETO DEL SISTEMA SOLAR MÁS CERCANO A UNA ESFERA PERFECTA

Actividad solar y la Tierra

Los cambios en la actividad de la superficie del Sol se notan en la Tierra. Las partículas de una eyección de masa coronal pueden cruzar las paredes de una nave espacial (y poner en riesgo a los astronautas), estropear satélites y provocar subidas de tensión en las redes eléctricas del planeta. La actividad de las manchas solares también afecta al clima: su aumento hace aumentar la radiación solar. Los períodos sin manchas solares también se han relacionado con períodos fríos en la historia de la Tierra.

LA FUENTE DE ENERGÍA DEL SOL

La gran masa del Sol ejerce una presión y temperatura inmensas en el núcleo, donde se produce la fusión nuclear. Los núcleos de los átomos de hidrógeno se unen a otro núcleo de hidrógeno para formar un núcleo de helio. Durante el proceso se liberan otras partículas subatómicas y radiación, además de una increíble cantidad de energía.



FUSIÓN NUCLEAR EN EL SOL

Una fulguración solar es una intensa explosión de radiación producida al liberarse la energía magnética asociada a las manchas solares

Una prominencia es un anillo de plasma que parte hacia el espacio pero que continúa unido a la fotósfera

Una eyección de masa coronal es la liberación inusualmente grande de plasma de la corona

Los agujeros coronales son áreas con el plasma menos denso y relativamente frío y oscuro

La cromósfera es una fina capa de la atmósfera del Sol: es el aro rojo que lo rodea y se hace aparente durante un eclipse solar total

La radiación que escapa de la fotósfera, cuya temperatura ronda los 5500 °C, es lo que percibimos como luz solar

¿CUÁNTO TARDA LA LUZ DEL SOL EN LLEGAR A LA TIERRA?

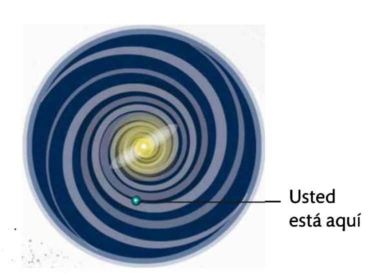
Un fotón puede tardar varios cientos de miles de años en llegar desde el núcleo a la superficie del Sol. Sin embargo, desde ahí solo tardará ocho minutos en llegar a la Tierra.

El sistema solar

El sistema solar está compuesto por el Sol, nuestra estrella local, en su centro, y ocho planetas en órbita. También incluye más de 170 lunas, varios planetas enanos, asteroides, cometas y otros cuerpos estelares.

Cómo se formó

El sistema solar apareció cuando al condensarse una nebulosa, una nube de gélido gas y polvo (p. 190). El Sol se formó en el caliente centro del disco, mientras que la materia más alejada se convirtió en planetas y lunas. El material rocoso es lo único que soportó el calor cerca del Sol y formó los planetas interiores; la gélida materia gaseosa se agrupó en las regiones más alejadas del disco para formar los planetas exteriores.



Nuestro lugar en la Vía Láctea
Nuestro sistema solar está en uno de los brazos interiores de la galaxia Vía Láctea. El Sol es una de sus 100-400 miles de millones de estrellas.

¿CUÁNTOS AÑOS TIENE EL SISTEMA SOLAR?

El sistema solar tiene unos 4600 millones de años. La edad se ha calculado determinando la descomposición radiactiva de los meteoritos que han impactado contra la Tierra.



SATURNO TIENE TAN POCA DENSIDAD QUE EL PLANETA **FLOTARÍA EN EL AGUA**

SOL

Mercurio
Mercurio, el planeta más pequeño, orbita a 47 km por segundo.

58 millones de km de distancia media hasta el Sol

Diámetro: 4879 km

Venus
Venus es el planeta más caliente y gira tan lentamente que su día es más largo que su año.

108 millones de km hasta el Sol

Diámetro: 12 104 km

Tierra
Es el planeta más denso. El agua cubre el 70 % de su superficie.

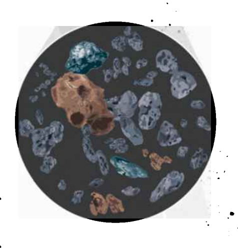
150 millones de km hasta el Sol

Diámetro: 12 756 km

Marte
El frío planeta rojo tiene un tercio de la gravedad de la Tierra.

228 millones de km de distancia media hasta el Sol

Diámetro: 6792 km



Cinturón de asteroides
El cinturón de asteroides está situado entre las órbitas de Marte y Júpiter. Aquí es donde se aloja el planeta enano Ceres.

Júpiter
Es el planeta más grande y tiene una mancha roja gigante: una tormenta, que apareció hace unos 300 años.

779 millones de km hasta el Sol

Lunas de Júpiter
Júpiter tiene 69 lunas; Ganímedes, la mayor, es más grande que Mercurio, y se cree que Europa tiene agua líquida bajo su superficie helada.

1433 millones de km hasta el Sol

2872 millones de km de distancia media hasta el Sol

4495 millones de km hasta el Sol

Neptuno
Los vendavales de Neptuno soplan a 2000 km/h: es el planeta más ventoso.

Diámetro: 49 528 km

Urano
Aunque no es el planeta más alejado del Sol, Urano presenta la menor temperatura registrada.

Diámetro: 51 118 km

Saturno
Saturno tiene el sistema de anillos más grande del sistema solar.

Diámetro: 120 536 km



Anillos de Saturno
Los anillos se componen principalmente de hielo de agua, con trazas de materiales rocosos. Se cree que son restos de una o más lunas que colisionaron con asteroides o cometas.

Diámetro: 142 984 km

PLANETAS ENANOS

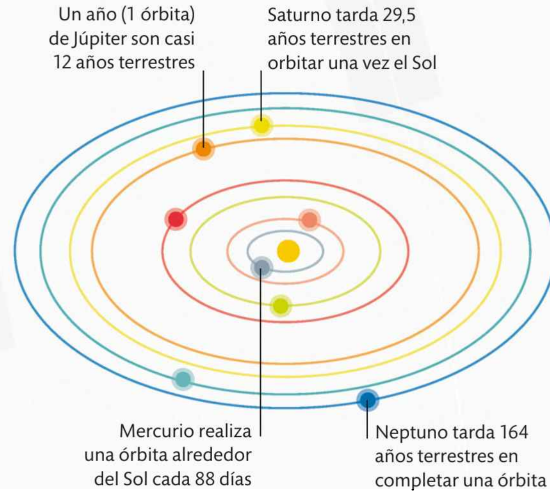
Los planetas enanos, como Plutón, tienen suficiente gravedad y masa para formar un cuerpo esférico y orbitar alrededor del Sol. Al contrario que los planetas, no han despejado su ruta orbital y aún la comparten con asteroides y cometas.



PLUTÓN

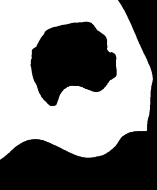
Órbitas planetarias

Cuanto más cerca está un planeta del Sol, más le afecta la gravedad solar y mayor es su velocidad orbital. Mercurio, el planeta más cercano, tiene la órbita más rápida, y Neptuno, el más lejano, tiene la más lenta. Los planetas describen rutas en forma de elipse ligeramente modificadas por las fuerzas que ejercen los planetas entre sí.



Basura espacial

Cuando se formó el sistema solar, se crearon cuerpos de diferentes tamaños con fragmentos de roca y hielo; los más grandes se convirtieron en planetas. Algunas partes quedaron en forma de meteoroides, asteroides y cometas, y a veces llegan a la Tierra.



Meteoroides

Los meteoroides son partículas de asteroides o cometas. Estos pequeños cuerpos rocosos o metálicos suelen tener el tamaño de un grano de arena o un guijarro; sin embargo, también pueden superar el metro de ancho. Al penetrar en la atmósfera de un planeta e incendiarse al caer se denominan meteoritos. Algunos incluso llegan a sobrevivir hasta llegar al suelo; aproximadamente entre el 90 y el 95 % de los meteoritos se calcinan por completo al cruzar nuestra atmósfera. El brillo que emiten en el cielo se debe más a su velocidad de entrada que a su tamaño.

¿PODEMOS DETENER UN IMPACTO LETAL?

Regar un cometa o asteroide con yeso o carbón podría cambiar la manera en que lo calienta la luz del sol y modificar así su órbita. Para cambiarla más deprisa se podrían detonar explosivos cerca de un objeto.

A veces la ISS cambia de trayectoria para evitar la basura espacial. Una probabilidad de impacto del 0,001 % de cualquier posible colisión se considera peligrosa.

ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL

Los meteoroides surgen del cinturón de asteroides y orbitan alrededor del Sol

METEOROIDE

TIERRA

Cuando caen, se calientan tanto que su capa exterior se vaporiza o se destruye

METEORITO

Los meteoritos son de hierro (en general, el 90 %) o de roca, compuestos por oxígeno, silicio, magnesio y otros elementos

Piezas de satélite

El *Vanguard 1*, los restos espaciales más antiguos, seguirán en órbita durante más de 200 años



Asteroides

Los asteroides son objetos de roca o metal que giran alrededor del Sol, especialmente entre las órbitas de Marte y Júpiter, en lo que se conoce como el cinturón de asteroides. La mayoría tienen diámetros inferiores a 1 km, pero algunos (como Ceres, el mayor planeta enano) miden más de 100 km de punta a punta y ejercen una fuerza gravitatoria significativa. La graveda[d] de Júpiter no deja que los asteroid[es] se unan para formar [planetas].

ASTEROIDE

Todavía es posible encontrar una caja de herramientas perdida en un paseo espacial de la ISS

El guante espacial que perdió Ed White en el primer paseo espacial de Estados Unidos

Un misil chino destruyó un antiguo satélite meteorológico el 2007 y dejó 3000 piezas de basura más en órbita



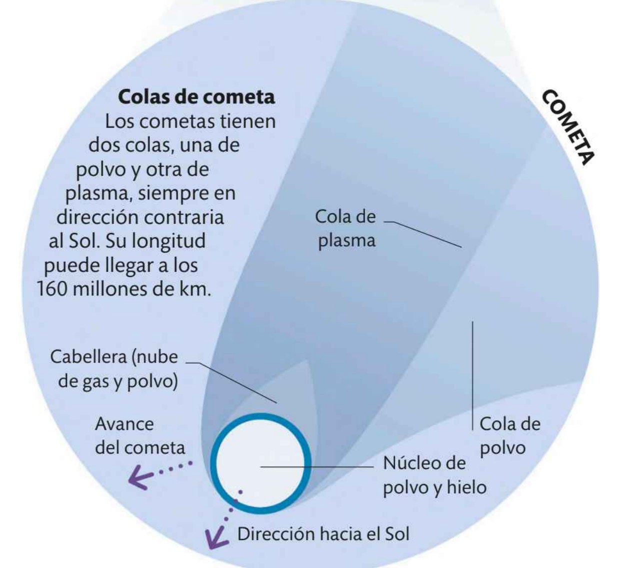
Basura espacial

Millones de objetos, desde fragmentos de pintura hasta enormes piezas de metal del tamaño de un camión, flotan por el sistema solar, principalmente orbitando alrededor de la Tierra. La basura espacial, cada vez más numerosa, es una amenaza creciente para las naves espaciales como la Estación Espacial Internacional. En las superficies de Venus, Marte y la Luna también hay naves abandonadas.

Cinturón de Kuiper, nube de Oort

Los planetas atraen a los cuerpos del cinturón de Kuiper, una banda de objetos en forma de disco más allá de la órbita de Neptuno, y los convierten en cometas. Los de la nube de Oort, una gran nube esférica de escombros en el sistema solar exterior, se ven afectados por la gravedad del paso de estrellas.

Órbita de cometa
Los cometas se clasifican según la duración de su órbita alrededor del Sol. Los de período corto tienen órbitas de menos de 200 años; su origen está en el cinturón de Kuiper. Los de período largo tardan más de 200 años y vienen de la nube de Oort.



Colas de cometa
Los cometas tienen dos colas, una de polvo y otra de plasma, siempre en dirección contraria al Sol. Su longitud puede llegar a los 160 millones de km.

DESPLAZÁNDOSE A **36 000 KM/H, UN OBJETO DE 10 CM** PUEDE CAUSAR UN DAÑO EQUIVALENTE A **25 BARRENOS DE DINAMITA**

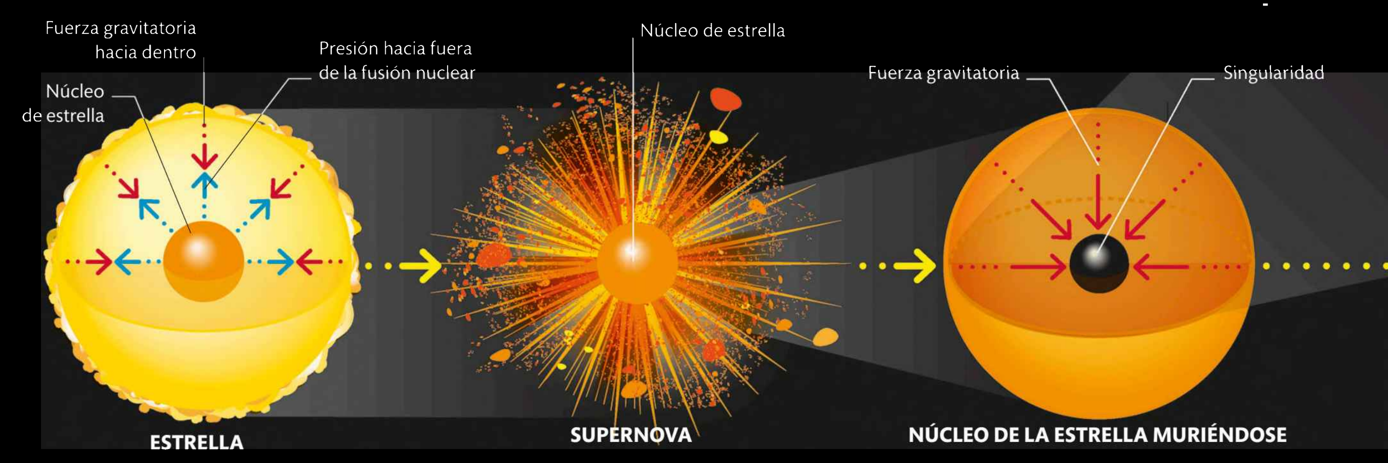
Agujeros negros

Un agujero negro es una región del espacio donde la materia ocupa un diminuto punto infinitesimal de densidad infinita. Es tan denso que nada puede escapar a su atracción gravitatoria, ni la luz, y por eso los agujeros negros son invisibles. La única manera de detectarlo es observando sus efectos sobre el entorno.

MÁS CERCANO A
UNOS 3000 AÑOS LUZ

Colapso completo

La mayoría de los agujeros negros se forman como resultado de la muerte de una estrella masiva (cuya masa es como mínimo 10 veces la masa del Sol). La materia que atrae la gravedad del agujero negro suele formar un disco giratorio que emite rayos X y otras radiaciones que pueden detectar los astrónomos.



1 Estrella estable
Las reacciones nucleares de una estrella crean energía y presión hacia fuera. Mientras se equilibren con la fuerza de la gravedad que tira hacia dentro, la estrella permanece estable. Sin embargo, cuando agota su combustible, la gravedad se impone.

2 Muerte explosiva
Cuando se detienen las reacciones nucleares, la estrella muere, pues no puede resistir la fuerza de su propia gravedad y se colapsa. Esto provoca una explosión de supernova que esparce las partes exteriores de la estrella hacia el espacio.

3 Colapso del núcleo
Si el núcleo que queda tras la supernova continúa siendo masivo (más de tres veces la masa del Sol), continúa encogiéndose y se colapsa bajo su propio peso en un punto de densidad infinita conocido como singularidad.

TIPOS DE AGUJERO NEGRO

Hay agujeros negros de dos tipos: estelares y supermasivos. Un agujero negro estelar se forma cuando una estrella explota en forma de supernova al final de su vida (ver arriba). Los agujeros negros supermasivos son mayores y se encuentran en los centros de las galaxias, rodeados a menudo por remolinos de materia extremadamente caliente. Durante el Big Bang se podrían haber formado agujeros negros de un tercer tipo: agujeros negros primordiales. Si así fue, la mayoría debieron de ser minúsculos y se evaporaron rápidamente. Para haber llegado hasta hoy, deberían haber nacido como mínimo con la masa de una gran montaña.

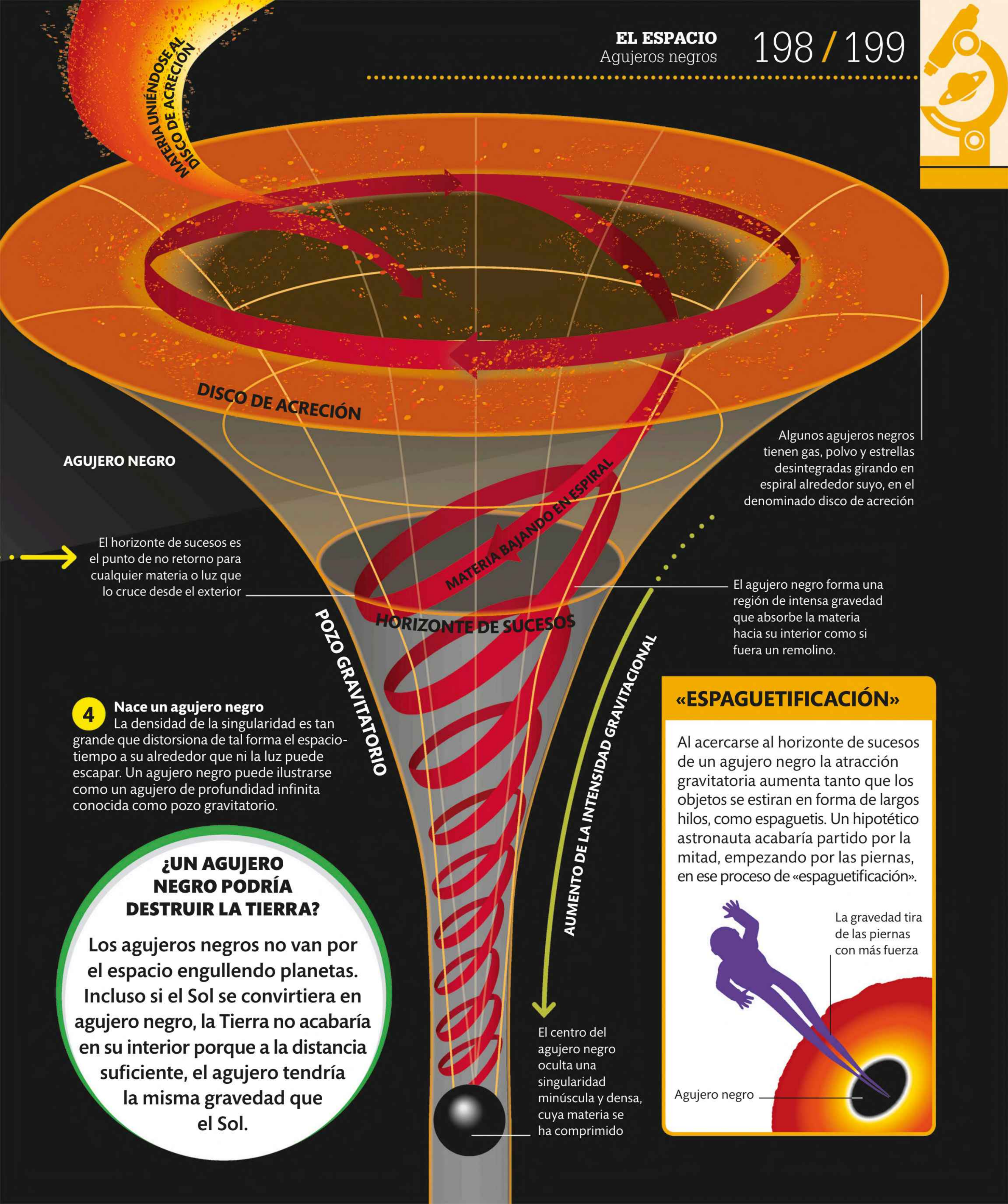


SUPERMASIVO
Diámetro del horizonte de sucesos: del tamaño del sistema solar
Masa: miles de millones de soles



ESTELAR
Diámetro del horizonte de sucesos: 30–300 km
Masa: 5–50 soles

PRIMORDIAL
Diámetro del horizonte de sucesos: un núcleo atómico pequeño
Masa: superior a la de una montaña



4 Nace un agujero negro
La densidad de la singularidad es tan grande que distorsiona de tal forma el espacio-tiempo a su alrededor que ni la luz puede escapar. Un agujero negro puede ilustrarse como un agujero de profundidad infinita conocida como pozo gravitatorio.

«ESPAGUETIFICACIÓN»

Al acercarse al horizonte de sucesos de un agujero negro la atracción gravitatoria aumenta tanto que los objetos se estiran en forma de largos hilos, como espaguetis. Un hipotético astronauta acabaría partido por la mitad, empezando por las piernas, en ese proceso de «espaguetificación».

¿UN AGUJERO NEGRO PODRÍA DESTRUIR LA TIERRA?

Los agujeros negros no van por el espacio engullendo planetas. Incluso si el Sol se convirtiera en agujero negro, la Tierra no acabaría en su interior porque a la distancia suficiente, el agujero tendría la misma gravedad que el Sol.

Galaxias

Las galaxias son enormes sistemas con millones o miles de millones de estrellas, nubes de gas y polvo, o nebulosas, y una cantidad desconocida de materia oscura (pp. 206-207), que se mantiene unida gracias a la atracción gravitatoria. Nuestra galaxia es la Vía Láctea.

¿QUÉ TAMAÑO TIENE LA VÍA LÁCTEA?

Mide unos 100 000 años luz de lado a lado; su disco tiene un grosor de unos 1000 años luz. Nuestro sistema solar tarda 230 millones de años en dar una vuelta completa alrededor del agujero negro central.

La Vía Láctea
Nuestro sistema solar está ubicado en el brazo de Orión de una gran galaxia lenticular formada por unos 100-400 000 millones de estrellas girando alrededor de un agujero negro supermasivo. Vista de lado, nuestra galaxia parece aplanada, con un brillante núcleo en el centro y una región de halo con cúmulos de estrellas.

Tipos de galaxias

Hay unos dos billones de galaxias en el universo observable, aunque puede haber más (pp. 204-205). Las galaxias se dividen en tres tipos: elípticas, espirales e irregulares. Algunas son combinaciones de estos tipos, como las lenticulares, parcialmente elípticas, parcialmente espirales, son planas, pero su espiral no tiene brazos definidos.

Galaxias espirales
Las espirales son discos planos giratorios con estructuras de brazos, una concentración en el núcleo y un halo alrededor. En las lenticulares, los brazos parten de una barra central y no del núcleo.

Galaxias elípticas
Las galaxias elípticas van desde las formas casi esféricas hasta las de pelota de rugby; se clasifican según lo circulares o planas que son. Al contrario que las espirales, no tienen un único eje de rotación.

Galaxias irregulares
Estas galaxias no tienen estructura simétrica ni núcleo, o es diminuto. Algunas contienen estrellas nuevas y calientes; otras, gran cantidad de polvo, lo que dificulta distinguir cada estrella por separado.



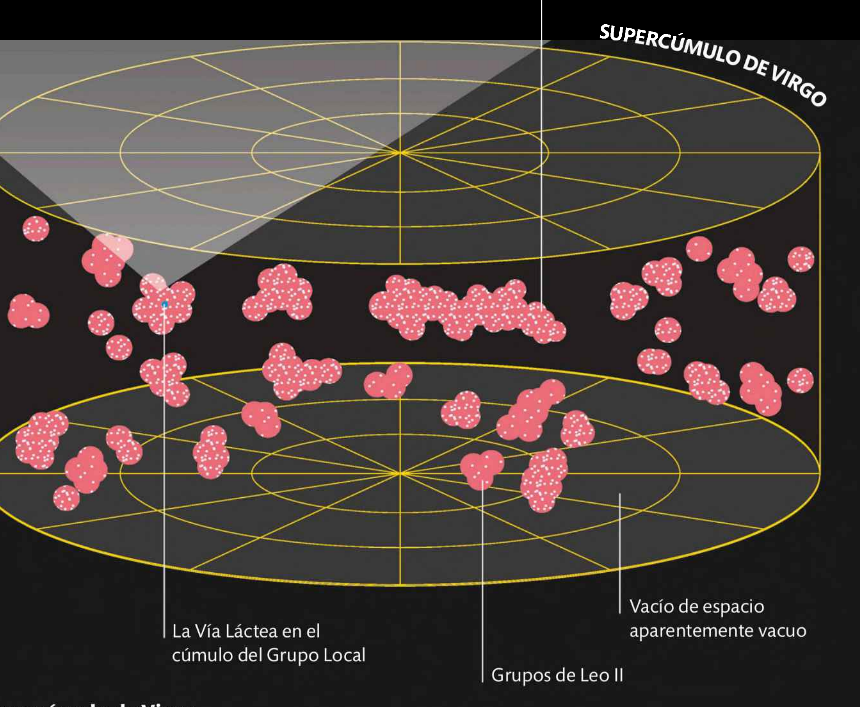
Colisión galáctica

Las colisiones entre galaxias son habituales: actualmente la Vía Láctea está en plena colisión con la galaxia Enana elíptica de Sagitario. Sin embargo, la distancia entre las estrellas es tan descomunal que casi nunca chocan. Aunque no lleguen a chocar entre sí, cada galaxia todavía puede modificar la forma de la otra, igual que las interacciones pueden comprimir sus nubes de gas e iniciar otra formación de estrellas.

Choque galáctico
Estas dos galaxias espirales están en colisión y cada una atrae el brazo principal de la espiral de la otra. Al cabo de millones de años es probable que se unan para formar una galaxia elíptica.

Colisión de los brazos en espiral

Forma modificada por la interacción con la otra galaxia



Supercúmulo de Virgo
Nuestra galaxia forma parte de un cúmulo denominado el Grupo Local, que a su vez forma parte del supercúmulo de Virgo. Este supercúmulo está dominado por el cúmulo de la galaxia de Virgo, compuesto por un máximo de 2000 galaxias.

Cúmulos y supercúmulos

El 75 % de las galaxias no están distribuidas al azar, sino agrupadas. Están conectadas por una red cósmica de filamentos de materia ordinaria y oscura; los cúmulos de galaxias se forman en los puntos donde estos filamentos se cruzan. Cuando colisionan dos cúmulos de galaxias se forma un supercúmulo, de los que existen unos 10 millones. El mayor de estos, la gran muralla Sloan, mide 1400 millones de años luz de lado a lado. Se cree que la energía oscura acabará rompiendo estos supercúmulos.

GALAXIAS ACTIVAS

Al contrario que las normales, las galaxias activas emiten mucha más energía que la que pueden producir sus estrellas, gracias a la acreción (acumulación) de material en el agujero negro supermasivo del centro de cada galaxia.



El Big Bang

La mayoría de los astrónomos creen que el universo tuvo un inicio concreto hace 13 800 millones de años en un suceso conocido como el Big Bang. A partir de un punto infinitésimamente pequeño, denso y caliente se formó toda la materia, energía, espacio y tiempo. Desde el Big Bang el universo cada vez es más grande y frío.

¿QUÉ HABÍA ANTES DEL BIG BANG?

Si el tiempo empezó con el Big Bang, pues... no había nada. O quizá el material de nuestro universo procede de un universo previo.

ACTUALIDAD

Algunas galaxias empiezan a cobrar forma de espiral

Se forman las primeras estrellas

Hasta la formación de las primeras estrellas, el universo estaba a oscuras

2000-3000 MILLONES DE AÑOS TRAS EL BIG BANG

500-600 MILLONES DE AÑOS TRAS EL BIG BANG

DE 380 000 A 200 MILLONES DE AÑOS TRAS EL BIG BANG

Átomo de helio-3

Átomo de hidrógeno

Átomo de deuterio

Espacio en expansión

El universo se expande, lo que sugiere que había sido más pequeño. En una ínfima fracción de su primer segundo, parte del universo creció más rápido que la velocidad de la luz; esto se conoce como inflación. La velocidad de expansión se redujo al cabo de poco, pero el universo sigue creciendo. A gran escala, todos los objetos se separan entre sí; cuanto más lejos están, más rápido se alejan. Esto se ha observado en un efecto conocido como corrimiento al rojo.

Corrimiento al rojo
Cuando un objeto se aleja a gran velocidad de su observador, sus ondas de luz se estiran, y las líneas del espectro del objeto (p. 211) se desplazan hacia el extremo rojo. La distancia entre un objeto y la Tierra se puede calcular según su desplazamiento hacia el rojo.

Galaxia que se aleja del observador

El observador percibe la galaxia como más roja

La longitud de onda se estira



En el principio

Inicialmente el universo era pura energía. Al enfriarse, energía y materia compartieron un estado intercambiable: la masa-energía. Al final de la inflación empezaron a aparecer las primeras partículas subatómicas, muchas de las cuales ya no existen. Las que quedaron componen toda la materia del universo actual. Tras unos 400 000 años, se formaron los primeros átomos.

PRUEBAS DEL BIG BANG

Los científicos que propusieron la teoría del Big Bang predijeron que este habría dejado una débil radiación de calor proveniente de cualquier dirección del cielo. En 1964 dos astrónomos de Estados Unidos la hallaron con una gran antena de radio en forma de cuerno en Nueva Jersey: es la radiación cósmica de fondo.

Leyes de la física

Al principio no existían las cuatro fuerzas básicas que gobiernan la interacción entre partículas (pp. 26-27), sino que se crearon poco después de la aparición del universo. Justo tras el Big Bang, en un tiempo conocido como la época de Planck, cuando materia y energía aún no se habían separado, existía una única fuerza unificada o superfuerza. Una trillonésima parte de segundo tras el Big Bang ya se había separado en el electromagnetismo, las fuerzas nucleares fuerte y débil y la gravedad.

Big Bang
Durante el primer segundo de tiempo se formaron las fuerzas fundamentales y las partículas subatómicas. Tuvieron que pasar varios cientos de miles de años para que surgieran los átomos y millones de años para que se desarrollaran primero las estrellas y después las galaxias.

¿Qué tamaño tiene el universo?

¿El espacio es infinito? ¿Qué forma tiene el universo? Aunque los astrónomos no hayan contestado estas preguntas, pueden calcular el tamaño de la parte del universo que vemos. Estudiando la densidad de la masa y la energía también pueden sacar conclusiones sobre la geometría del espacio.

¿QUÉ ES UN AÑO LUZ?

Un año luz es una unidad de distancia (y no de tiempo): es la distancia que recorre la luz durante un año. La luz avanza a 300 000 km/s; así, un año luz corresponde a 9,5 billones de kilómetros.

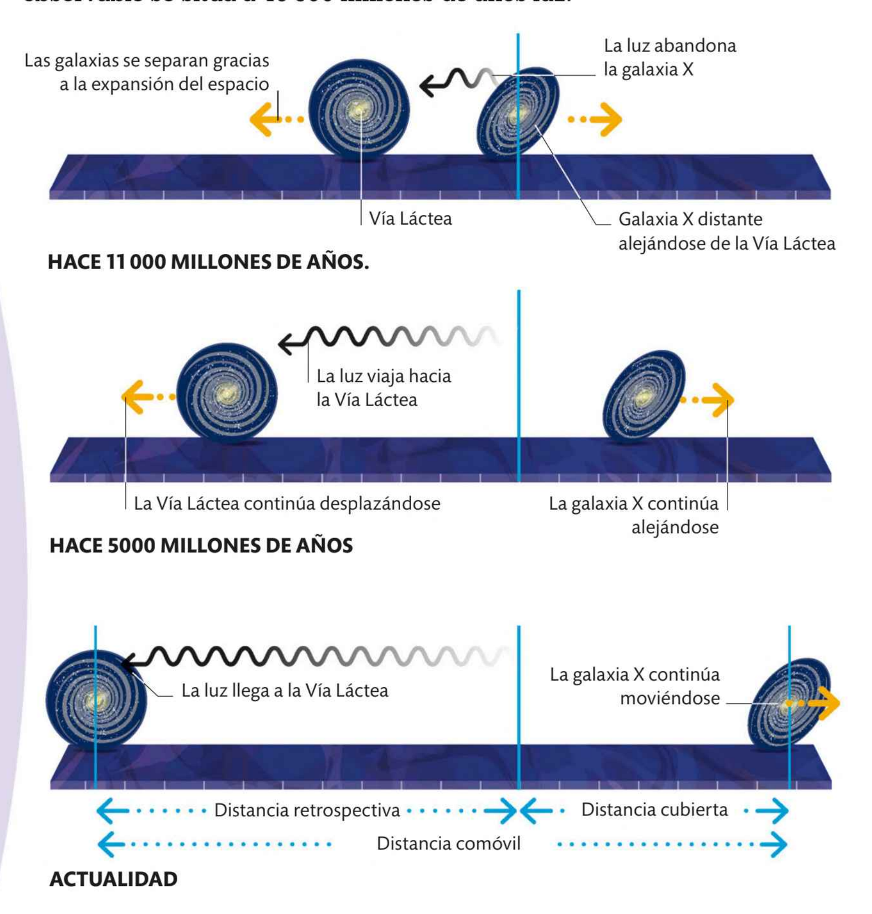
LAS **GALAXIAS MÁS ALEJADAS** SE VEN **10 000 MILLONES** DE VECES **MÁS TENUES** QUE LOS **OBJETOS MENOS BRILLANTES** A SIMPLE VISTA

El universo observable

El espacio que podemos ver y estudiar se conoce como universo observable. Una región esférica en cuyo centro está la Tierra es el espacio a través del que la luz ha tenido tiempo de llegar a nosotros desde el Big Bang. Cuando un objeto se aleja, la luz que emite se desplaza hacia el extremo rojo del espectro cuando cruza el espacio hacia nosotros (p. 202). La luz detectable con más corrimiento hacia el rojo llega desde unos 13 800 millones de años luz, lo que nos indica el hipotético tamaño del universo si fuera estático. También indica que debe de tener unos 13 800 millones de años. Sabemos que desde su aparición el universo se ha expandido.

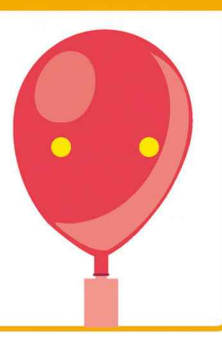
Determinar la distancia en un espacio en expansión

El espacio está en expansión y por ello la distancia real hasta un objeto en el espacio, la distancia comóvil, es superior a la distancia que ha cruzado la luz del objeto para llegar a nosotros, la distancia retrospectiva. Teniendo en cuenta la expansión del espacio, el límite del universo observable se sitúa a 46 500 millones de años luz.



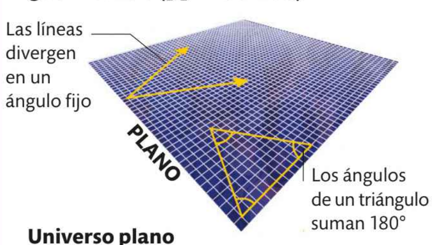
¿A QUÉ VELOCIDAD SE EXPANDE EL ESPACIO?

A escalas relativamente pequeñas, por ejemplo dentro de las galaxias, los objetos en el espacio se mantienen a distancias fijas gracias a la gravedad. A escalas superiores, la expansión del espacio se traduce en que los objetos se están alejando entre sí, igual que los puntos pintados sobre la superficie de un globo al hincharlo. Además, cuanto más lejos están dos objetos, más rápido se separan. Las últimas medidas indican que dos objetos separados por un megapársec (unos 3 millones de años luz) se separan a unos 74 km/s.

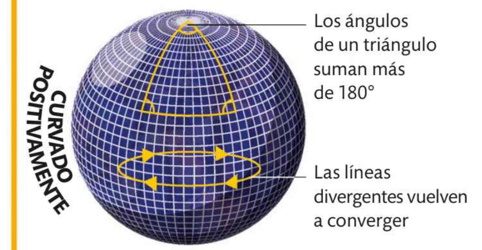


Formas del universo

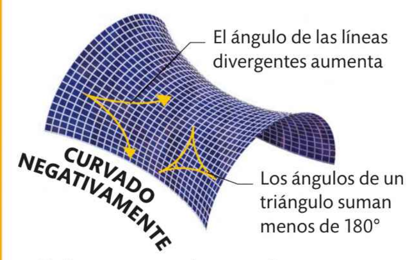
El universo tiene tres posibles geometrías, cada una con su curvatura espacio-tiempo diferente. Estas curvaturas no se parecen a las que conocemos, pero pueden representarse en 2D. Se cree que nuestro universo es plano o casi plano. Diversas teorías sobre el destino final del universo se basan en estas geometrías (pp. 208-209).



Universo plano
La analogía en 2D de un universo plano es un plano con las reglas habituales de la geometría. Por ejemplo, las líneas paralelas nunca se cruzan.



Universo curvado positivamente
Un universo cuyo espacio-tiempo está curvado positivamente es «cerrado», y su masa y extensión son finitas. Las líneas paralelas convergen en una superficie esférica en esta analogía en 2D.



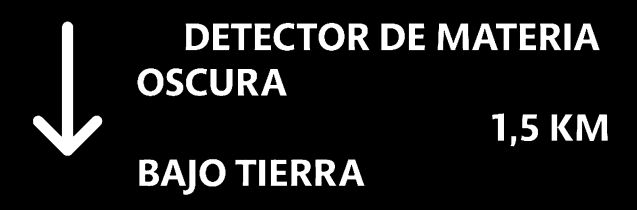
Universo curvado negativamente
En este escenario, el universo es «abierto» e infinito. La analogía en 2D es la de un espacio en forma de silla de montar donde las líneas divergentes se van separando.

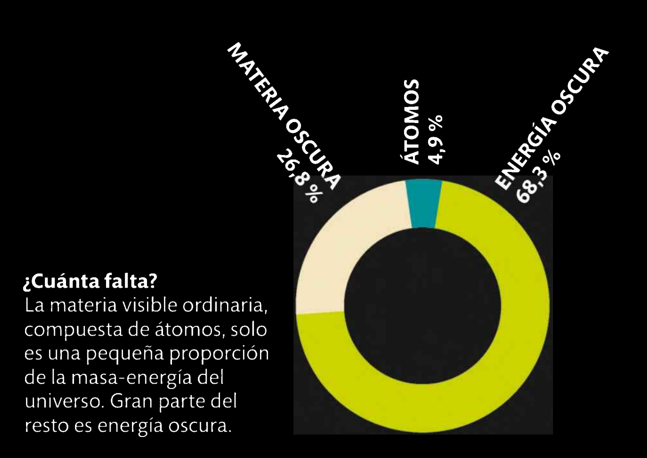
Materia y energía oscuras

La mayor parte del universo se compone por materia oscura y energía oscura. No podemos observar directamente estos tipos de materia y energía, pero sabemos de su existencia por su interacción con la materia ordinaria y las ondas de luz.

Ausencia de masa y energía

La masa y la energía son dos formas de un único fenómeno denominado masa-energía (p. 141). Los astrónomos intentan detectar toda la masa-energía del universo, pero no son capaces de ver su mayor parte; no obstante, tiene que existir más masa que la que vemos, porque sin ella los cúmulos de galaxias se separarían. Y tiene que haber más energía porque algo se opone a la gravedad y acelera la expansión del espacio.





¿Cuánta falta?
La materia visible ordinaria, compuesta de átomos, solo es una pequeña proporción de la masa-energía del universo. Gran parte del resto es energía oscura.

Materia oscura

La materia oscura forma halos alrededor de la materia ordinaria, o «bariónica»; sin embargo, apenas interactúa con ella, no refleja ni absorbe luz ni se puede detectar por su radiación electromagnética. Sí se observan sus efectos gravitatorios en galaxias y estrellas, y sus efectos al modificar las rutas de las ondas de luz. Se desconoce la naturaleza de la materia oscura, pero los astrónomos creen que podría tomar dos formas: MACHO y WIMP.

Lente gravitacional
Una gran masa puede actuar como una lente y distorsionar los campos gravitatorios, lo que altera las rutas de las ondas de luz y cambia el aspecto de las galaxias. Un efecto débil alarga la forma de las galaxias, mientras que un efecto potente altera sus posiciones o incluso llega a duplicarlas.

La luz gira hacia la Vía Láctea porque el cúmulo hace de lente

Un observador en la Vía Láctea percibe una imagen distorsionada de la galaxia lejana

LA VÍA LÁCTEA

MACHO	WIMP	
Puede que alguna materia oscura se componga de objetos densos (agujeros negros y enanas marrones) conocidos como MACHO (objetos masivos de halo compacto, en inglés), que emiten tan poca luz que solo se ven como si fueran lentes gravitacionales (ver arriba). Aún así, los MACHO no pueden contener toda la masa de la materia oscura.	Otros candidatos son las partículas masivas de interacción débil (WIMP), partículas extrañas creadas al principio del universo que interactúan a través de la fuerza débil (p. 27) y la gravedad.	
	Caliente	**Frío**
	Esta forma teórica de materia oscura consiste en partículas que se desplazan casi a la velocidad de la luz.	Casi toda la materia oscura, como las WIMP, se cree que es fría, una forma de materia que se mueve lentamente.



GALAXIA DISTANTE

El efecto de lente produce imágenes distorsionadas de una galaxia

Posición y forma reales de la galaxia

CÚMULO DE GALAXIAS

Un cúmulo de galaxias con una gran cantidad de materia oscura actúa como lente gravitacional

Las líneas unen puntos de igual concentración en materia oscura

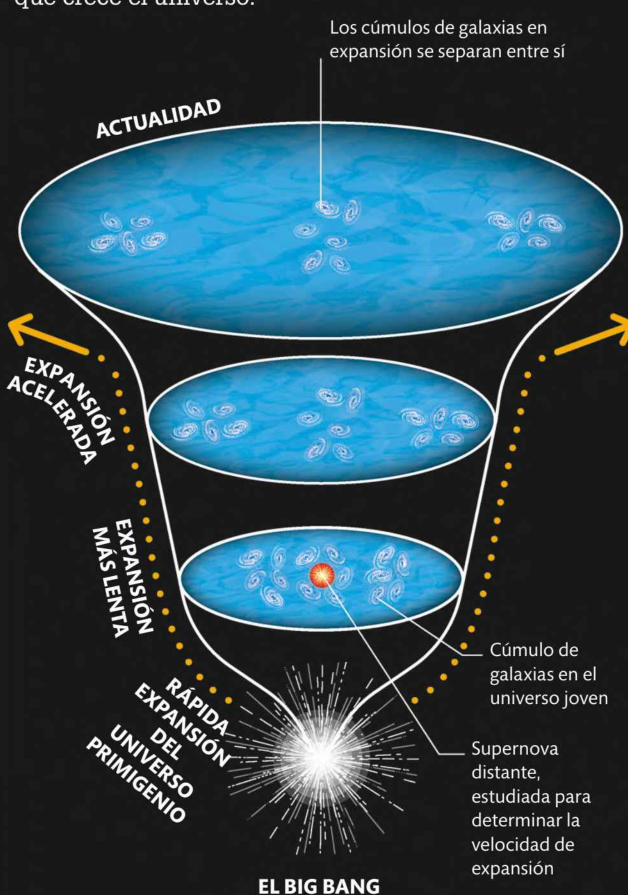
La materia oscura
Observando los efectos ópticos que causa un cuerpo de materia oscura los astrónomos pueden elaborar una imagen de su forma.

¿EXISTE MATERIA OSCURA EN LA TIERRA?

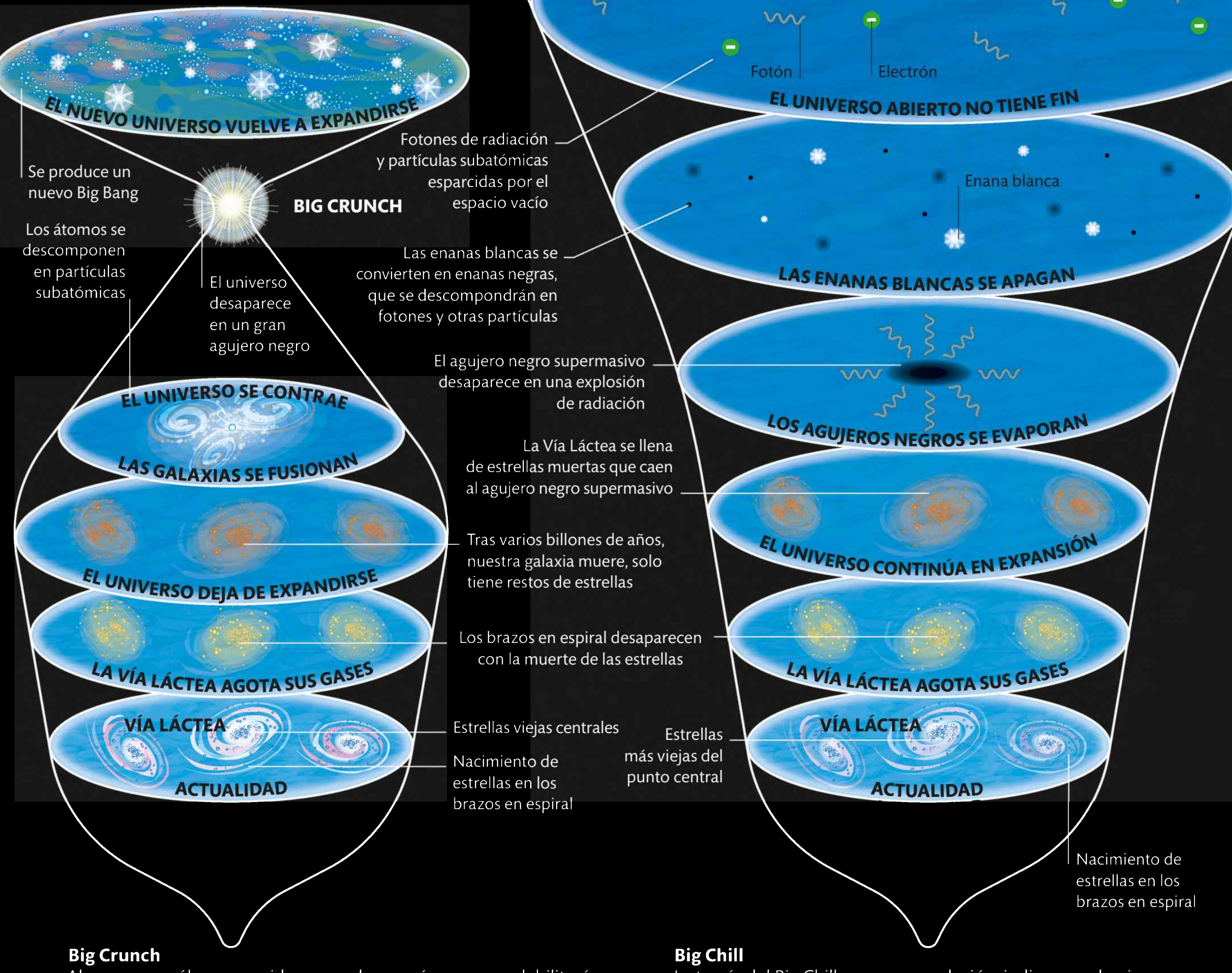
Sí... quizá. Según algunos cálculos, miles de millones de partículas de materia oscura cruzan nuestro cuerpo cada segundo.

Energía oscura

Midiendo la distancia que nos separa de remotas supernovas se ha demostrado que la expansión del universo se está acelerando. Este hallazgo indujo la aparición de la teoría de la energía oscura, una fuerza opuesta a la gravedad y que explica la planicie de nuestro universo y la aceleración de su expansión. La materia oscura dominó el joven universo, pero ahora la energía oscura ocupa su lugar y sus efectos cada vez son mayores a medida que crece el universo.



Aceleración de la expansión
Tras el Big Bang, la rápida expansión inicial se frenó al cabo de poco. Desde hace unos 7500 millones de años, como demuestra la gran abertura de la curva, los objetos se separan a mayor velocidad por la fuerza de la energía oscura.



Big Crunch

Algunos cosmólogos consideran que la energía oscura se debilitará con el paso del tiempo, la gravedad podrá ganar la batalla y hacer que el universo deje de crecer y se contraiga. Durante billones de años las galaxias colisionarían y la temperatura del universo subiría hasta el punto de llegar a incinerar las estrellas. Los átomos se descompondrían y un agujero negro gigante lo devoraría todo, incluso a sí mismo. Otros sostienen la teoría de que como las partículas chocarían entre sí, se produciría un segundo Big Bang: el Big Bounce, o gran rebote.

Big Chill

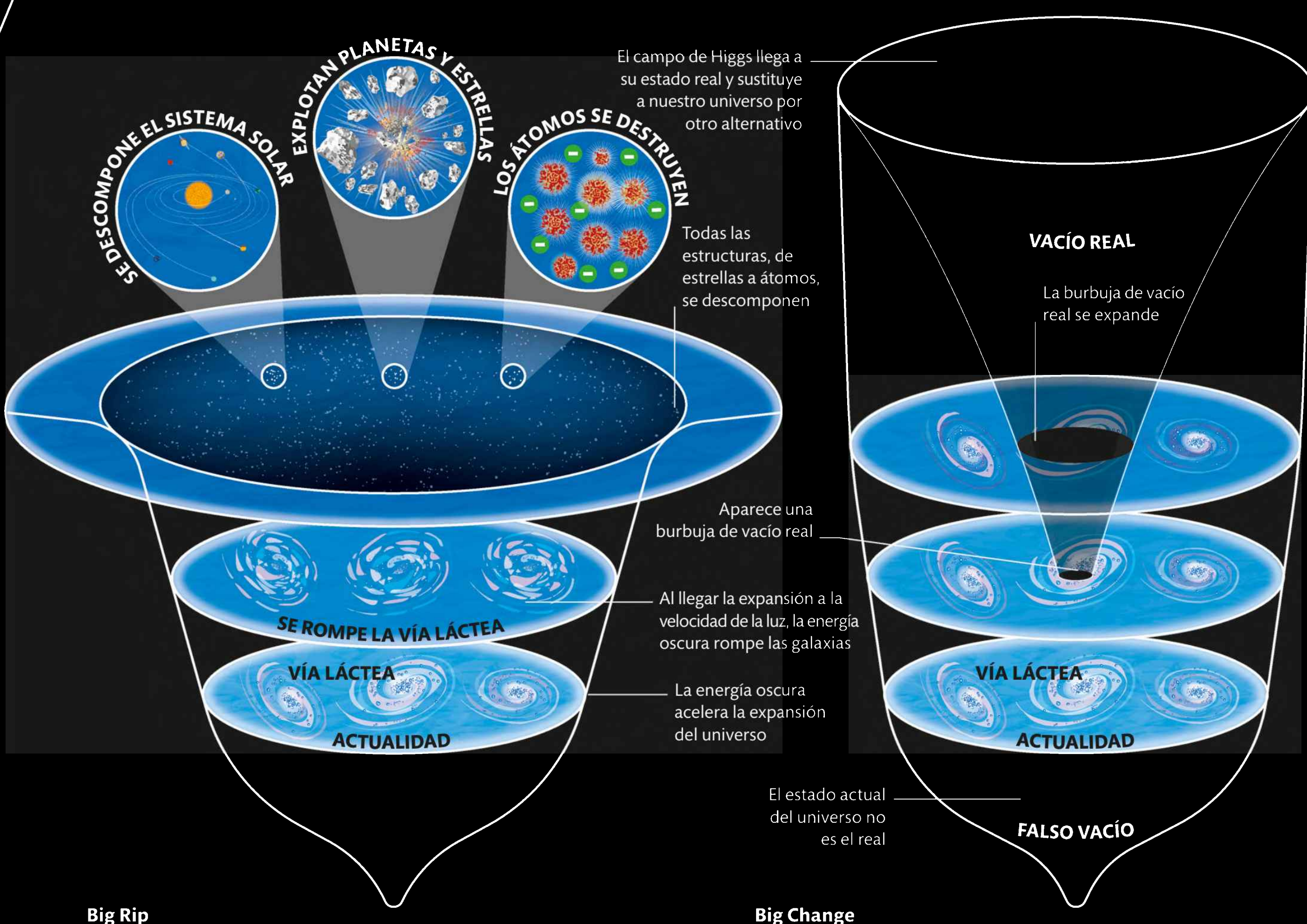
La teoría del Big Chill, o gran congelación, indica que el universo seguirá expandiéndose hasta que la energía y la materia se hayan repartido uniformemente en todo el universo, y como resultado no habrá suficiente energía para crear nuevas estrellas. Las temperaturas bajarán hasta el cero absoluto, las estrellas morirán y el universo quedará a oscuras.

Cómo acaba todo

Se desconoce cuál será el destino final del universo: ya sea colapsándose y desembocando en otro Big Bang, cerrándose de manera fría y silenciosa, acabando en un final violento, o creciendo infinitamente, los científicos solo pueden especular en este sentido.

¿CUÁNDO PODRÍA ACABAR EL UNIVERSO?

En la mayoría de las situaciones posibles el final del universo no llegará hasta dentro de miles de millones de años. Sin embargo, en teoría, el Big Change podría producirse en cualquier momento.



Big Rip
En una hipotética situación conocida como el Big Rip, o gran desgarramiento, el universo acabará rompiéndose. Si el espacio entre galaxias está lleno de energía oscura, que contrarresta los efectos de la gravedad, la expansión del universo continuaría a una velocidad cada vez superior hasta llegar a la velocidad de la luz. Como la gravedad ya no podría contenerlo, toda la materia del universo, incluidas las galaxias y los agujeros negros, e incluso el propio espacio-tiempo, se desgarraría.

Big Change
La teoría del Big Change, o gran cambio, implica la partícula del bosón de Higgs y el campo de Higgs, algo así como un campo electromagnético omnipresente, del que se cree que no ha llegado a su estado de energía mínima o de «vacío». Cuando llegue a su estado de vacío real, el campo de Higgs podría fundamentalmente transformar la materia, la energía y el espacio-tiempo para crear un universo alternativo que crecería como una burbuja a la velocidad de la luz. Todo lo que ahora ocupa el universo desaparecería.

Nuestro universo actual

El universo lleva en expansión constante desde su formación hace casi 14 000 millones de años. Las galaxias continúan separándose; las observaciones de supernovas distantes indican que la expansión se está acelerando. Estos datos implican la presencia de una fuerza de presión negativa, conocida como energía oscura (pp. 206-207), que contrarresta la gravedad. Si esta fuerza desempeña un papel significativo, la expansión infinita es el destino más probable de nuestro universo.

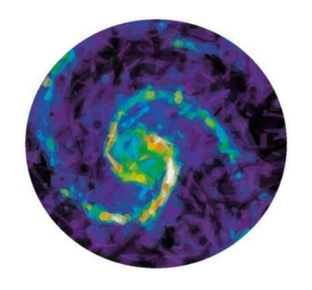
EL BOSÓN DE HIGGS
130
VECES
ALTAMENTE INESTABLE

Observar el universo

Los astrónomos han observado el espacio desde el principio de los tiempos, primero a simple vista y hoy con equipos capaces de detectar ondas de luz desde los lugares más remotos del espacio.



GALAXIA ESPIRAL



Ondas de radio
Muchos objetos emiten ondas de radio, las ondas de luz más largas, como el Sol, los planetas, muchas galaxias y las nebulosas. La mayoría cruzan la atmósfera terrestre y llegan a la superficie del planeta.



Luz infrarroja
La luz infrarroja es energía térmica, como por ejemplo el calor del Sol. Cualquier cosa del universo emite parte de su energía en forma de infrarrojos. La atmósfera de la Tierra absorbe la mayor parte.



Luz visible
Los astrónomos pueden ver objetos que emitan luz visible con telescopios desde la Tierra, pero se obtienen vistas mejores sin contaminación lumínica ni interferencia atmosférica.

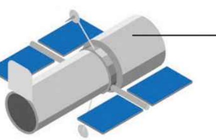


Luz ultravioleta
El Sol y las estrellas emiten luz ultravioleta (UV), que bloquea casi en su totalidad la capa de ozono de la Tierra. Estudiándola podemos conocer la estructura y evolución de las galaxias.

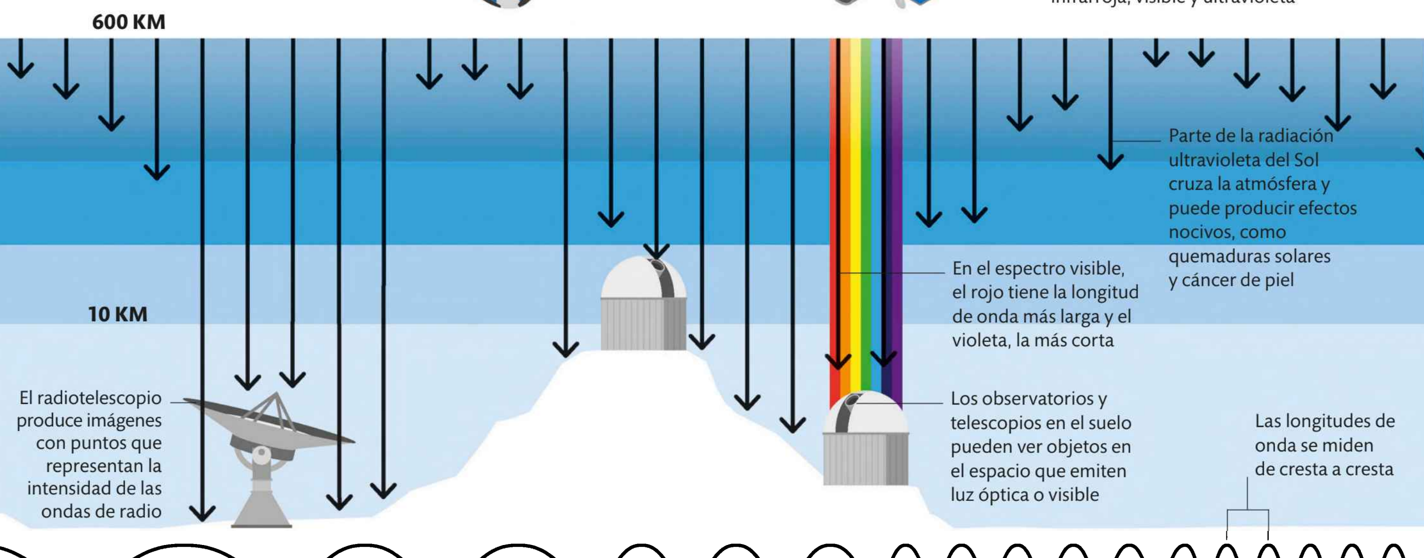
Por todo el espectro
Un objeto complejo, como una galaxia espiral, emite radiación en todo el espectro. Para investigarla, los astrónomos utilizan todo tipo de instrumentos.



La sonda WMAP determinaba la radiación de microondas para revelar la composición del universo primigenio



El telescopio Hubble ha tomado imágenes famosas de lejanas estrellas, nebulosas y galaxias capturando la luz infrarroja, visible y ultravioleta



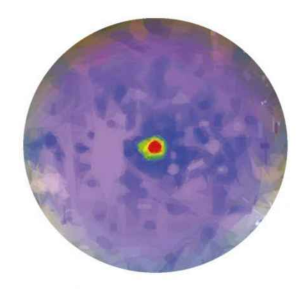


Ver la luz

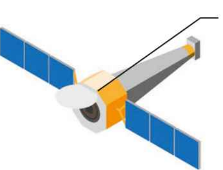
El espectro electromagnético es una serie continua de tipos de radiación, o de longitudes de onda diferentes, que se pueden describir todas como formas de luz. Incluye la luz visible, que se percibe en forma de colores según su longitud de onda, y diversas formas invisibles al ojo humano, como las ondas de radio y los rayos X. Todas cruzan el espacio a la velocidad de la luz.



Rayos X
Los agujeros negros, estrellas de neutrones, sistemas binarios de estrellas, restos de supernovas, el Sol y otras estrellas y cometas emiten rayos X. La atmósfera de la Tierra bloquea la mayor parte.

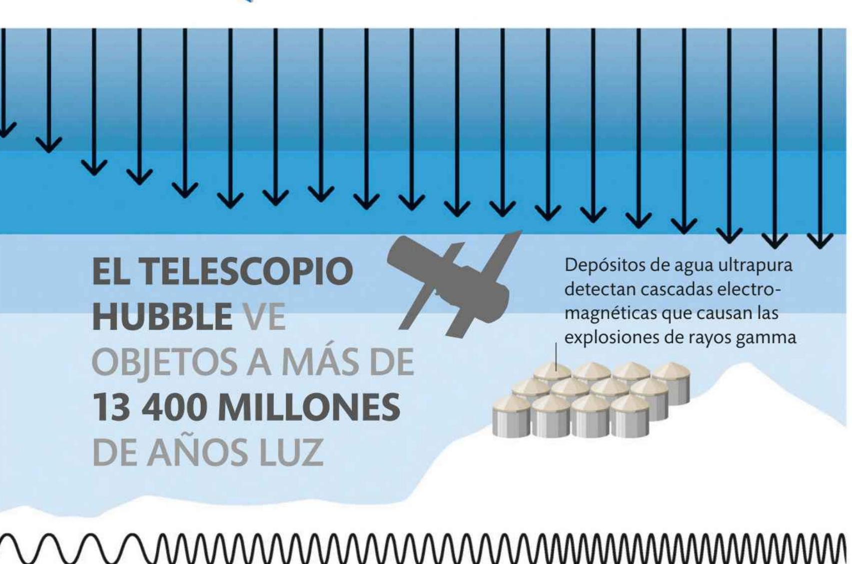


Rayos gamma
Los rayos gamma, las ondas más pequeñas y con más energía, provienen de las estrellas de neutrones, púlsares, explosiones de supernova y regiones cercanas a agujeros negros.



Los ocho espejos del observatorio de rayos X Chandra enfocan los rayos X en un único punto, donde otros instrumentos capturan las imágenes

El telescopio Fermi tiene torres de metales y láminas de silicio para detectar rayos gamma



Espectroscopia

Los átomos de un elemento emiten luz a unas determinadas longitudes de onda cuando se calientan. En una técnica conocida como espectroscopia, la luz de un objeto se divide y a continuación se estudia el patrón de longitudes de onda, el espectro, para saber qué tipo de átomos contiene el objeto. Así saben los científicos de qué están hechos los objetos remotos.

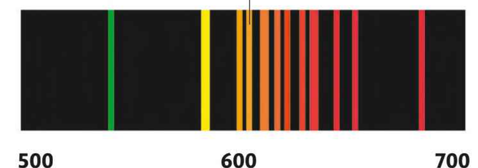
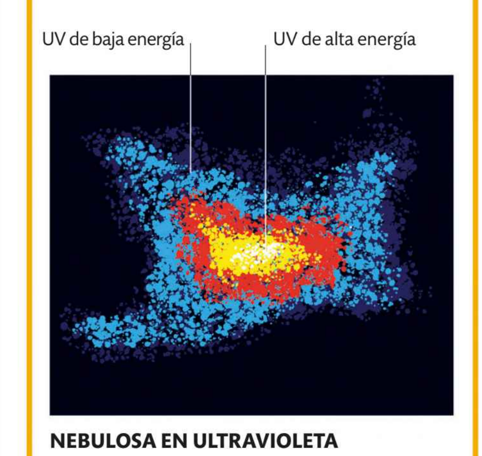


IMAGEN EN FALSO COLOR

Nuestros ojos solo detectan la luz de una pequeña parte del espectro. Para realizar imágenes con la radiación recogida fuera de esos límites, los astrónomos usan los colores que vemos para representar los niveles de intensidad de radiación, en lo que se conoce como imagen en falso color.



NEBULOSA EN ULTRAVIOLETA

¿Estamos solos?

Hemos hallado miles de planetas extrasolares, o exoplanetas: planetas fuera de nuestro sistema solar. Deben de haber decenas de miles de millones de planetas potencialmente habitables en nuestra galaxia. ¿Podríamos encontrar vida en otros mundos?

Encontrar otra Tierra

Se pueden detectar exoplanetas buscando los efectos que ejercen sobre sus estrellas. Si se detecta un planeta similar a la Tierra, podemos analizar su atmósfera para determinar la existencia de los elementos imprescindibles para la vida. Muchos de los exoplanetas descubiertos no se parecen en absoluto a la Tierra.

La zona Ricitos de Oro

La zona habitable se denomina zona Ricitos de Oro por el cuento infantil en el que Ricitos de Oro prefiere el plato de sopa que no está muy caliente ni muy fría, sino «a la temperatura perfecta». Un planeta Ricitos de Oro tendrá la temperatura perfecta para que su superficie tenga agua líquida, aunque para que evolucione la vida también deben darse otros criterios (ver abajo). Sin embargo, ahora se considera que fuera de estas zonas pueden existir grandes cantidades de agua líquida en la superficie.

GIGANTES GASEOSOS

Algunos exoplanetas son gigantes gaseosos, como Júpiter, que orbitan muy cerca de sus estrellas y presentan fenómenos meteorológicos atmosféricos extremos.

MUNDOS FUNDIDOS

Existen exoplanetas cuya superficie es de lava porque son planetas calientes nuevos, están muy cerca de sus estrellas o han sufrido una gran colisión.

MUNDOS DE HIELO

Estos mundos extraños son las versiones más grandes de las lunas de nuestro sistema solar y presentan superficies heladas de agua, amoníaco y metano.

Zonas habitables

La zona habitable cerca de una estrella está en un punto ni demasiado cerca ni demasiado lejos, sino ideal para la vida. Los astrónomos localizan estrellas candidatas con estos límites idóneos para empezar a buscar planetas semejantes a la Tierra.

DEMASIADO FRÍO

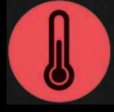
IDÓNEO

DEMASIADO CALIENTE

SOL

¿Cuándo es habitable un planeta?

Existen varios criterios para que un planeta pueda albergar vida. La temperatura y el agua son cruciales.



Temperatura idónea
La superficie debe tener temperatura moderada: muy cerca de la estrella, el planeta hierve; muy lejos, se congela.



Agua en superficie
Debe haber humedad o agua líquida en superficie (o cualquier otro líquido capaz de realizar una función parecida).



Sol constante
La estrella más cercana debe ser estable y brillar el tiempo suficiente para que evolucione la vida en un planeta rocoso.



Elementos
Deben estar presentes las piezas básicas de la vida, como carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y azufre.



Giro e inclinación
Un planeta que gire sobre un eje inclinado tiene días, noches y estaciones, lo que evita temperaturas extremas regionales.



Atmósfera
Una atmósfera densa protegerá contra la radiación, evitará la fuga de gases y mantendrá el calor.



Núcleo fundido
Un planeta con núcleo líquido puede generar un campo magnético para proteger la vida ante la radiación espacial.



Masa suficiente
Un planeta con la masa suficiente ejerce la gravedad necesaria para retener su atmósfera.

Búsqueda de vida inteligente

Una forma de detectar vida inteligente es escuchar. SETI (del inglés de búsqueda de inteligencia extraterrestre) es una organización que busca señales de radio u ópticas que demuestren una vida alienígena evolucionada. Los radiotelescopios buscan señales de radio de banda estrecha que puedan ser artificiales. También se buscan destellos de luz muy breves, de nanosegundos. Hasta hoy no se han detectado señales verificables.

SETI
La matriz de telescopios Allen de SETI, en California, capta áreas concretas del cielo basándose en los datos del telescopio espacial Kepler, dedicado a la búsqueda de exoplanetas.

Antena de radio

Ecuación de Drake
El astrónomo Frank Drake propuso esta ecuación en 1961 para calcular el número de civilizaciones capaces de comunicarse que pueden existir en nuestras galaxias.

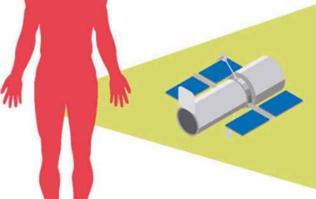
LEYENDA
- Cálculos de Drake en 1961
- Cálculos recientes

$$N = R \times f_p \times n_e \times f_1 \times f_i \times f_c \times L$$

Término	Significado	Cálculos de Drake en 1961	Cálculos recientes
N	Número de civilizaciones alienígenas que envían señales	500	2100
R	Tasa anual de formación de estrellas en la galaxia	10	7
f_p	Fracción de estrellas con sistemas planetarios	0,5	1
n_e	Media de mundos candidatos a albergar vida por sistema planetario	1	3
f_1	Fracción de esos mundos que producen vida	0,1	0,1
f_i	Fracción de esos mundos en los que aparece vida inteligente	0,1	0,1
f_c	Fracción de civilizaciones con tecnología para la comunicación	1,0	1,0
L	Esperanza de vida (en años) de las civilizaciones con capacidad de comunicación	10 000	10 000

¿Dónde están?

Existen miles de millones de planetas potencialmente idóneos para albergar vida; además, ha pasado tiempo suficiente desde la formación de la Vía Láctea para que una civilización colonice alguno. ¿Por qué no nos hemos puesto en contacto aún? Es posible que la vida sea de hecho tan rara que realmente estemos solos en el universo.



La paradoja de Fermi
El físico Enrico Fermi destacó la aparente contradicción entre la alta probabilidad de que existan civilizaciones extraterrestres y la ausencia de pruebas de su existencia.

Estamos demasiado lejos
Con la expansión del universo quizá estamos demasiado lejos en el espacio o el tiempo.

No estamos escuchando
Quizá no escuchemos las cosas adecuadas o el tiempo suficiente, ya que los alienígenas quizá se comunican de maneras inimaginables.

La vida inteligente se autodestruye
Es posible que las civilizaciones se destruyan al llegar a un momento concreto... o destruyan otras vidas inteligentes.

Somos incapaces de detectar vida
Las otras civilizaciones se están ocultando o no tienen la tecnología avanzada necesaria para comunicarse con nosotros.

Nos ignoran
Los alienígenas deciden no contactar con nosotros quizá porque creen que no sería beneficioso para nosotros o para ellos.

No reconocemos la vida inteligente al verla
La vida alienígena es tan diferente que no somos capaces de identificarla, aunque la descubramos.



Vuelo espacial

Las naves espaciales son proyectiles con trayectorias balísticas derivadas de una explosión inicial. Están en caída libre, a merced de la gravedad de los grandes cuerpos celestiales, aunque algunas pueden ajustar ligeramente su curso.

Caída libre por el espacio

Las naves espaciales, tras su lanzamiento, realmente no vuelan, sino que caen. Los astronautas en el espacio continúan bajo la influencia de la gravedad (de la Tierra o del Sol), pero experimentan la ingravidez mientras caen hacia estos cuerpos. Un objeto espacial en órbita cae alrededor de la Tierra pero no colisiona porque su velocidad de avance, junto con la gravedad, produce una trayectoria curvada, que sigue la curvatura de la Tierra.

Destino: Marte
Por raro que parezca, es más eficiente viajar hasta Marte cuando está en su punto más alejado, o en «oposición» respecto del Sol entre Marte y la Tierra, ya que es más fácil viajar por una elipse con la curva de la órbita terrestre en un extremo y la órbita de Marte en el otro.

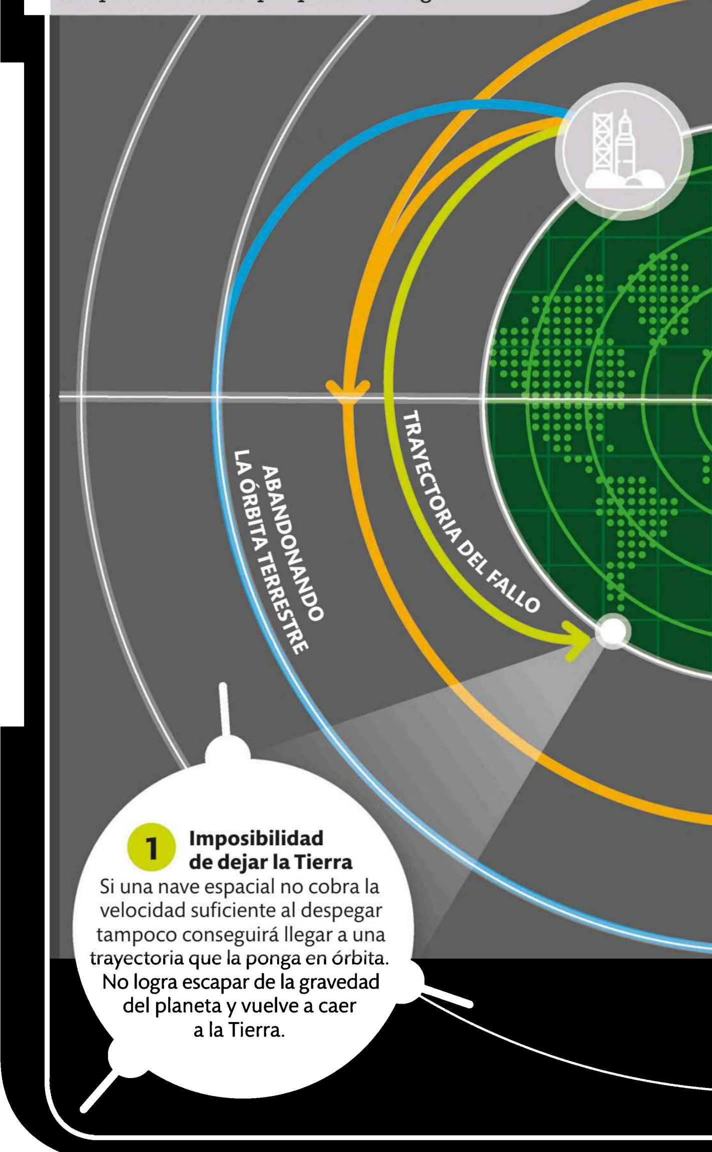


LA *VOYAGER 2* USÓ LA GRAVEDAD DE NEPTUNO PARA FRENAR Y TOMAR IMÁGENES DE SU LUNA, TRITÓN



Velocidad de escape

Cualquier objeto que llegue a la velocidad suficiente escapa de la gravedad de la Tierra y traza una curva abierta en el espacio para caer sobre otro cuerpo celestial. La trayectoria de lanzamiento y la velocidad iniciales son cruciales: por ejemplo, si se lanza hacia la Luna a demasiada velocidad, quizá no podrá frenar al llegar y la débil gravedad de la Luna será incapaz de evitar que pase de largo.



1 Imposibilidad de dejar la Tierra
Si una nave espacial no cobra la velocidad suficiente al despegar tampoco conseguirá llegar a una trayectoria que la ponga en órbita. No logra escapar de la gravedad del planeta y vuelve a caer a la Tierra.



3 **Abandonar la órbita terrestre**
Solo con la cantidad justa de potencia al despegar, la nave espacial puede escapar de la atracción de la gravedad terrestre y describir una trayectoria que la acerque a la Luna de manera controlada.

TIERRA

LUNA

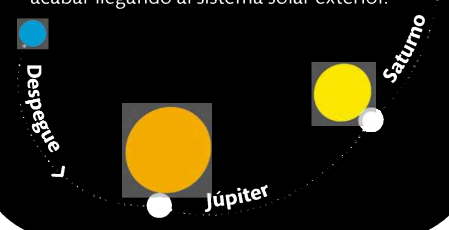
ÓRBITA TERRESTRE

2 **Alcanzar la órbita terrestre**
Una nave espacial lanzada a la velocidad idónea llega a una trayectoria que la sitúa en órbita terrestre. Mantiene su posición al alcanzar una velocidad orbital que contrarresta la fuerza de la gravedad de la Tierra.

Hondas

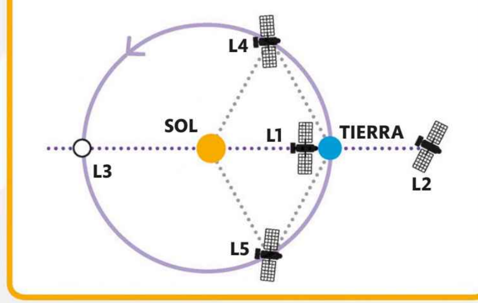
Una nave que viaje por el espacio puede ahorrar tiempo y combustible con una órbita alrededor de un planeta para cambiar de dirección, acelerar o frenar. La gravedad del planeta tira de la nave; cuanto más se acerque a la superficie del planeta, mayor será la velocidad acumulada. Esta maniobra se conoce como efecto honda o asistencia gravitatoria.

Múltiples asistencias
La sonda interplanetaria *Voyager 2* aprovechó el efecto honda con Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno para poder acabar llegando al sistema solar exterior.



APARCAMIENTOS

Los cinco puntos de Lagrange (L1-L5) son puntos en el espacio en que un objeto puede mantener una posición estable en relación con dos grandes cuerpos gracias a sus fuerzas gravitatorias combinadas. Un objeto en L1 está sujeto a la misma tracción del Sol que de la Tierra. Son posiciones ideales para «aparcar» satélites en el espacio.



Vida en el espacio

El espacio es un entorno hostil y extraño. En el vacío, los astronautas no tienen atmósfera protectora que los proteja de la radiación y deben lidiar con la ingravidez aparente por la caída libre. Incluso lo que se cree constante, como el tiempo, no lo es del todo.

Mundo ingrávido

Los astronautas y todo lo que hay en la nave espacial está en caída libre, ya sea en órbita «cayendo alrededor» de la Tierra o en una órbita mayor cayendo alrededor del Sol. En estas condiciones, el cuerpo humano vive bajo muchas presiones (pp. 218-219) y los materiales se comportan de manera muy diferente: por ejemplo, el agua no fluye y el aire caliente no sube. Por eso la seguridad y la salud de los astronautas implica una cuidadosa preparación y una considerable adaptación de su entorno y su comportamiento habituales.

Fuego
En el espacio el aire caliente no sube, y las llamas arden en forma de esfera. En caso de incendio, los astronautas deben ajustar en seguida la ventilación y usar extintores.

Microgravedad
Los astronautas se desplazan por la nave espacial empujándose por las superficies. La Estación Espacial Internacional (ISS) está equipada con asas y gomas para que los astronautas puedan equilibrarse.

MICROGRAVEDAD

DORMIR

Sacos de dormir con cintas para cabeza y cuello.

Asa para la mano o el pie



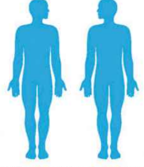
Vida en el espacio
El día a día a bordo de una nave espacial es complicado, pero los astronautas intentan mantener las rutinas diarias que llevaban en la Tierra para conservar la forma física y mental.



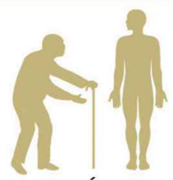
Lavabos espaciales
Los lavabos usan tubos aspiradores y convierten la orina en agua potable. Las heces se almacenan, no se tiran, para que no se conviertan en proyectiles espaciales.

LA PARADOJA DE LOS GEMELOS

Un gemelo deja la Tierra y, tras viajar a una velocidad cercana a la de la luz o cerca de un potente campo gravitatorio, regresa y ve que su hermano ha envejecido. La relatividad especial (pp. 140-141) explica cómo la experiencia del tiempo que ha vivido el viajero espacial ha sido más lenta en relación con la de su gemelo.



ANTES DEL VIAJE ESPACIAL

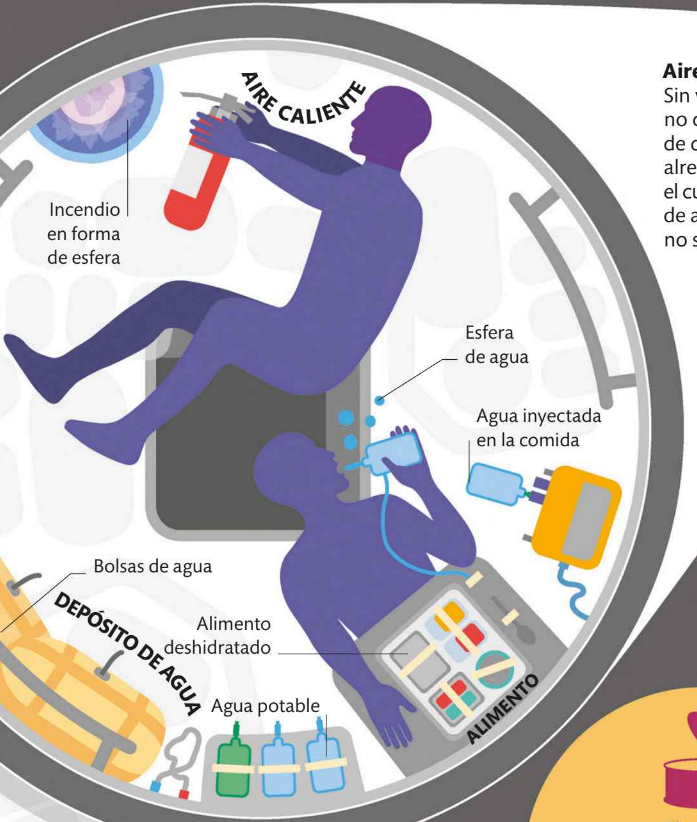


DESPUÉS DEL VIAJE ESPACIAL



Dormir en el espacio
Sin gravedad no existe la sensación de estar estirado. Los astronautas se atan dentro de sacos de dormir y fijan sus brazos. También es posible fijar la cabeza del astronauta para que descanse el cuello.





Aire inmóvil
Sin ventilación, el aire no circula y el dióxido de carbono se acumula alrededor de la cabeza y el cuerpo queda rodeado de aire caliente. El sudor no se evapora.



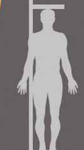
Agua
El agua no fluye, sino que forma esferas por la tensión superficial. Los astronautas se duchan en seco y se lavan con toallitas. Beben con pajitas o unos vasos de diseño especial.

¿CUÁNTO SE PUEDE VIVIR EN EL ESPACIO?

No hemos encontrado nuestro límite aún. El récord lo tiene Valeri Polyakov, el cosmonauta ruso que estuvo en la estación espacial MIR durante 437 días en 1994-1995.



Alimentos
Los astronautas añaden líquido a los alimentos deshidratados para poder comerlos. Bandejas y utensilios se fijan con cintas en el regazo; la tensión superficial hace que los alimentos se queden en los platos y no floten.



UN ASTRONAUTA PUEDE CRECER **HASTA UN 3 %** VIVIENDO EN EL ESPACIO

La radiación en el espacio

La radiación son partículas cargadas y ondas electromagnéticas (EM) que viajan por el espacio. La atmósfera terrestre detiene la mayoría de la radiación, pero cuando los astronautas viajan más allá de la órbita baja terrestre, empieza a ser un grave riesgo. La radiación puede ser ionizante o no ionizante. La primera puede restar electrones a los átomos, lo que hace que las células mueran, pierdan capacidad de reproducirse o presenten mutaciones.



Radiación atrapada
Las partículas cargadas atrapadas en el campo magnético de la Tierra causan esta forma ionizante de radiación. Las áreas de radiación atrapada por encima de una órbita terrestre baja se conocen como los cinturones de radiación de Van Allen.



Radiación de partículas solares
Las partículas energéticas que libera la superficie del Sol causan radiación ionizante. Es posible protegerse ante esta radiación con materiales protectores en los trajes de astronauta y su equipo.



Radiación ultravioleta
La radiación ultravioleta (UV) no es ionizante: las partículas transmiten energía a los átomos, pero no les quitan electrones. La radiación UV se desvía fácilmente con visores reflectantes y trajes opacos fuera de la nave.



Radiación cósmica galáctica
Esta radiación ionizante incluye rayos cósmicos, partículas cargadas de alta energía, cuyo origen podría estar en supernovas, y radiación EM de alta energía, como rayos X de objetos como estrellas de neutrones. Estos requieren una gruesa protección.

Viajar a otros mundos

El viaje espacial afecta de manera significativa al cuerpo y la mente: los astronautas sufren diversas incomodidades físicas y riesgos potenciales para su salud. Los viajeros que quieran colonizar un nuevo planeta deberán estar bien preparados y tomar medidas para minimizar los riesgos.



¿ACORTA LA VIDA VIAJAR POR EL ESPACIO?

La exposición a la radiación es el aspecto más peligroso de los viajes espaciales, pues puede acortar la vida por daños en el sistema inmunitario y aumentar el riesgo de cáncer.

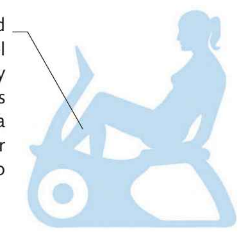
La salud del astronauta
Los efectos secundarios negativos de la vida en el espacio pueden afectar casi todas las partes del cuerpo humano. Una buena forma física y mental es básica para cualquier viajero espacial.

El cuerpo humano en el espacio

El cuerpo humano está diseñado para vivir con la gravedad terrestre, por eso la ingravidez lo afecta negativamente. La falta de estrés físico y de ejercicio resulta en la pérdida rápida de masa ósea y muscular y un peor funcionamiento cardiovascular. Sin gravedad, los líquidos del cuerpo quedan redistribuidos por la parte superior del cuerpo, lo que provoca problemas de vista y un aumento de la presión arterial.

REDUCIR AL MÍNIMO LOS EFECTOS NEGATIVOS

El ejercicio es fundamental para mantener la densidad ósea y la masa muscular; por eso los astronautas se ejercitan dos horas al día con sesiones cardiovasculares en bicicletas y cintas. Los astronautas ejercitan especialmente la parte inferior del cuerpo, que se deteriora más rápido en condiciones de baja gravedad.





Obtener agua
Marte está lleno de agua, pero congelada en campos de hielo o infiltrada en el suelo. Podría extraerse calentando el suelo; también se podría encontrar agua salada o caliente geotérmica líquida bajo tierra.



Preparar el terreno
Una nave no tripulada podría instalar un reactor nuclear para producir metano (combustible) con el dióxido de carbono del aire con hidrógeno de la Tierra. El proceso produciría agua, que podría almacenarse o dividirse en hidrógeno y oxígeno.



Cultivar alimentos
El suelo marciano es muy fértil. Se podrían cultivar plantas en cúpulas con agua y dióxido de carbono. Las plantas producirían oxígeno, y la materia vegetal no comestible se usaría como abono.



¿Podríamos colonizar Marte?

Podríamos viajar a Marte en una nave relativamente pequeña con la tecnología que nos llevó a la Luna. Aunque la autosuficiencia plena en Marte es improbable a corto plazo, los primeros colonos podrían vivir en gran parte de la riqueza del planeta, e incluso fabricar elementos para comerciar con la Tierra.



Llegar a destino
Una nave espacial llegaría a Marte en 180 días. La tripulación tendría que quedarse allí un año y medio antes de que se abriera la ventana de lanzamiento para la vuelta. La nave aterrizaría en una zona con probabilidad de tener agua.



Casa de ladrillos
El primer alojamiento podría ser de metal trenzado con plástico transportado a Marte en una nave espacial. Más adelante podrían levantarse edificios de obra, pues el suelo marciano es perfecto para fabricar ladrillos y mortero.



Terraformación de Marte
Marte es frío y seco, pero tiene los elementos necesarios para albergar vida. Se podría conseguir creando una atmósfera al subir sus niveles de dióxido de carbono para crear efecto invernadero que haría subir la temperatura.

LA ATMÓSFERA DE MARTE TARDARÍA UNOS **900 AÑOS** EN **SER RESPIRABLE**



LA TIERRA

Cómo es la Tierra

La Tierra es uno de los cuatro pequeños planetas rocosos que orbitan cerca del Sol. Se formó gracias a la fuerza de la gravedad, y resultó ser un mundo dinámico, formado por varias capas con un interior abrasador, una corteza rocosa fría, amplios océanos de agua líquida y una atmósfera gaseosa.

¿CÓMO PUEDE PERMANECER SÓLIDA LA ROCA CALIENTE?

Las rocas del interior de la Tierra están más calientes que la lava volcánica, pero están sometidas a una presión tan intensa que las solidifica. Si la presión bajara, se fundirían.

¿Cómo se formó?

El Sol se formó hace 4600 millones de años; estaba rodeado de una nube de escombros de roca y hielo en forma de disco que orbitaban a su alrededor. Los fragmentos se atraían entre sí gracias a la gravedad y se unieron en un proceso conocido como acreción hasta formar grandes masas, que crecieron hasta convertirse en la Tierra y el resto de los planetas del sistema solar. El calor de este proceso creó la estructura de capas de la Tierra.

Los escombros rocosos se acumulan y forman objetos más grandes

Objetos del tamaño de la Luna chocan y se unen para formar el planeta

Al principio, el planeta estaba muy caliente

1 Planeta en crecimiento Cualquier objeto físico tiene gravedad y atrae a otros objetos. Los grandes objetos que formaron la Tierra se atrajeron con tanta fuerza que la energía del impacto se convirtió en calor, hasta el punto de que los fundió y soldó juntos.

Los impactos de cometas aportaron hielo a la Tierra

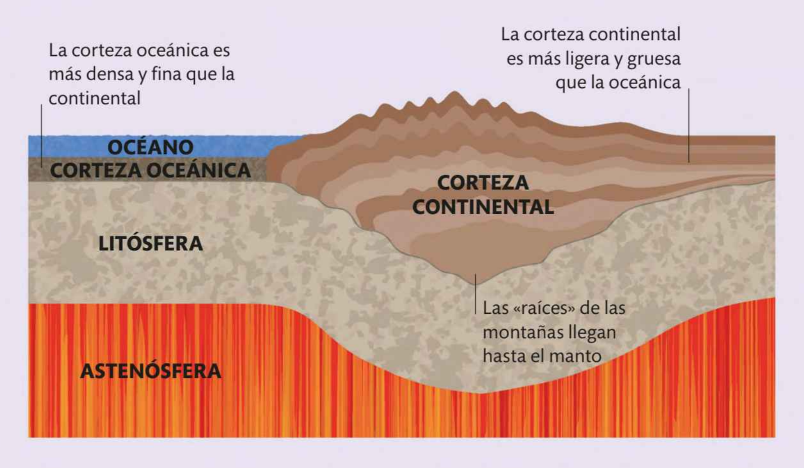
Volcanes colosales emanaban vapor de agua y otros gases

El material más ligero quedó en la superficie

2 Fusión y capas Al crecer la Tierra por acreción, la energía del impacto generó suficiente calor para fundir el planeta entero. El material más pesado se hundió hasta el centro para formar su núcleo metálico, envuelto por capas profundas de rocas más ligeras.

Océanos y continentes

La corteza oceánica consiste principalmente en basalto y gabro, rocas densas y ricas en hierro parecidas a las rocas aún más densas del manto inferior. Con el tiempo, los volcanes y otros fenómenos han acumulado gruesas capas de roca rica en silicio, como el granito, que han formado los continentes. Esta gruesa corteza continental es menos densa que las rocas del manto y por eso flota en su superficie igual que los icebergs en los océanos polares. Por eso los continentes están muy por encima del lecho oceánico.



3 Tierra actual
Tras la fusión inicial, el planeta y sus capas se enfriaron lo suficiente para tener océanos de agua líquida. Gran parte de la roca se solidificó, pero el núcleo externo se mantuvo líquido.

Bajo el lecho oceánico se encuentra la fina corteza oceánica, compuesta por roca densa rica en hierro

La gruesa corteza continental consiste en roca relativamente ligera y rica en silicio

La fría corteza y el manto superior forman la rocosa litosfera

ATMÓSFERA

ASTENÓSFERA

Los gases, como el oxígeno, forman la atmósfera

Bajo la litósfera reposa la astenósfera, caliente y fundida en parte

Unas corrientes de calor denominadas plumas mantélicas suben por el manto desde la frontera entre este y el núcleo

MANTO INFERIOR

El profundo manto inferior está compuesto de rocas calientes sólidas en movimiento

NÚCLEO EXTERNO

El núcleo interno, metálico, se compone de hierro y níquel sólidos

NÚCLEO INTERNO

El núcleo externo líquido se compone de hierro, níquel y azufre fundidos

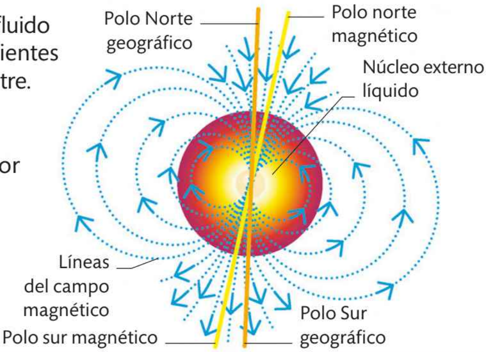
Las rocas eruptadas del lecho oceánico formaron los continentes

Es probable que el agua cubriera todo el planeta en algún momento

5500 °C
TEMPERATURA DEL NÚCLEO INTERNO DE LA TIERRA Y DE LA SUPERFICIE DEL SOL

POLOS EN MOVIMIENTO

El núcleo externo metálico fluido se mueve gracias a las corrientes de calor y la rotación terrestre. Este movimiento genera electricidad y crea un campo magnético alrededor del planeta, más o menos alineado con el eje de la Tierra. Sin embargo, su posición no es fija y puede oscilar hasta 50 km por año.



Tectónica de placas

La litósfera terrestre (su frágil corteza y la capa superior del manto) se divide en secciones denominadas placas tectónicas. El calor del núcleo terrestre mantiene estas placas en movimiento constante, separándolas o juntándolas para mover continentes, levantar montañas y provocar volcanes espectaculares.

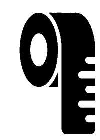
¿A QUÉ VELOCIDAD SE MUEVEN LAS PLACAS?

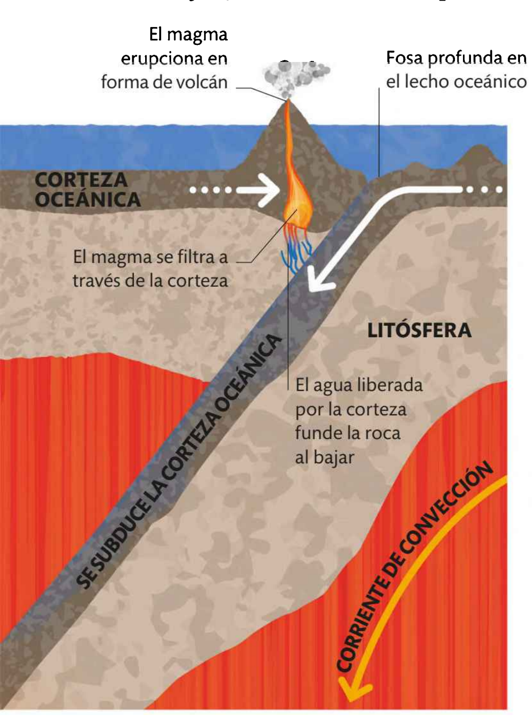
Las placas se mueven, en general, a la misma velocidad que te crecen las uñas. El rift más rápido, la dorsal del Pacífico oriental, se abre menos de 16 cm por año.

Fosas, rifts y montañas

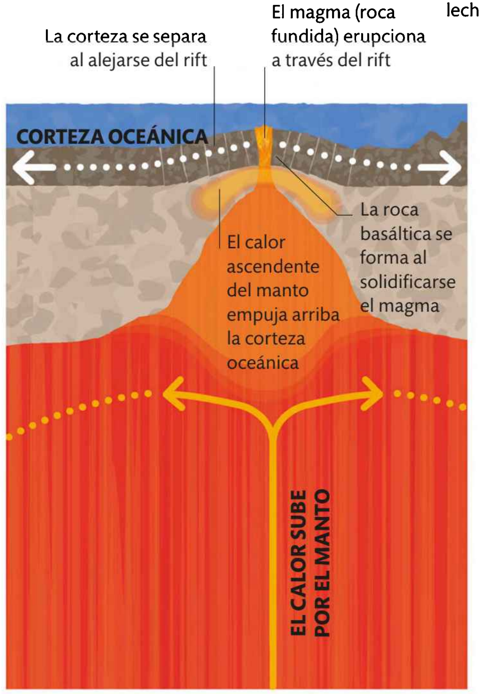
En las profundidades del planeta los elementos radiactivos generan calor (pp. 36-37) que, junto con el calor que escapa del núcleo, hace que el manto circule con corrientes de convección muy lentas. Este movimiento separa las placas en algunos puntos y forma largos rifts. En otros sitios las hace juntar y crea zonas de subducción donde el extremo de una placa se hunde en el manto. Casi todos los rifts y las zonas de subducción se producen en los lechos oceánicos. La tectónica de placas hace que algunos océanos crezcan y otros se encojan; incluso ha hecho que colisionen los continentes.

LA **DORSAL MESOATLÁNTICA** MIDE **16 000 KM**

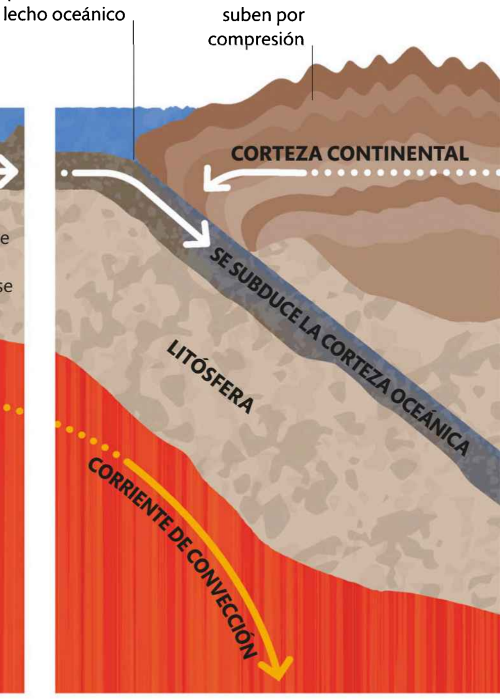




Zona de subducción oceánica
Cuando coinciden dos placas de corteza oceánica, la placa más pesada pasa por debajo de la otra y se funde en el manto. Así se forman las profundas fosas del océano, como la fosa de las Marianas en el Pacífico.



Zona de dorsal mediooceánica
Se forman largos rifts en el lecho oceánico cuando se separan dos placas, lo que libera algo de presión de las calientes rocas que quedan por debajo y pueden fundirse, erupcionar y formar nueva corteza oceánica, como en la dorsal mesoatlántica.

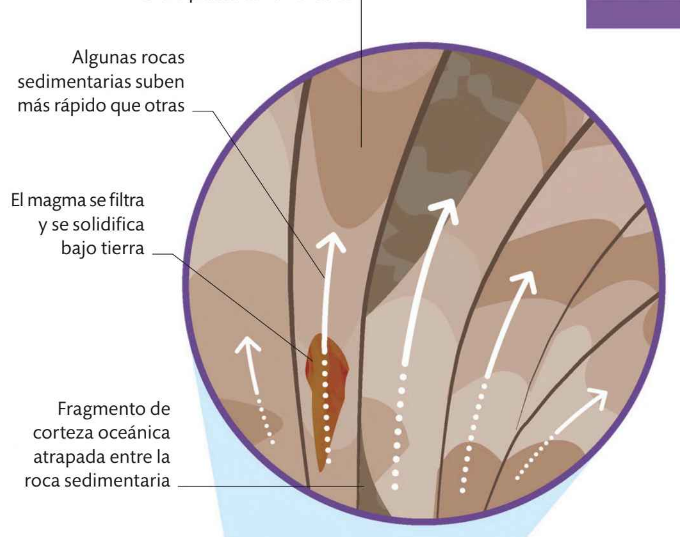


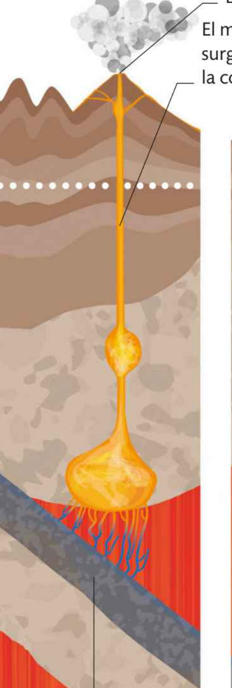
Subducción oceánica-continental
Cuando chocan placas con corteza oceánica y continental, la corteza oceánica, más pesada, baja. La corteza continental se comprime y forma montañas, como los Andes.

CONTINENTES A LA DERIVA

Como los continentes están sobre placas tectónicas móviles, su movimiento sin pausa los desplaza por el globo, lo que significa que los continentes se separan y se juntan constantemente de diferentes maneras. En un momento concreto existió un supercontinente conocido como Pangea. Se creó hace unos 300 millones de años y se rompió al cabo de 130 millones de años. Los continentes continuarán moviéndose y volviéndose a formar.







La corteza se separa y crea un rift

Caen estos masivos bloques y se forman una serie de precipicios

LA CORTEZA SE SEPARA

La roca basáltica se forma al solidificarse el magma

LITÓSFERA

El calor que sube del manto empuja arriba la corteza continental

EL CALOR SUBE POR EL MANTO

Zona de rift continental
Los procesos geológicos tras los rifts continentales son los mismos que los de las dorsales oceánicas. Los bloques de corteza se separan y crean largos valles de rift rodeados por precipicios (como en el valle del Rift en África oriental).

Las rocas sedimentarias del antiguo lecho oceánico forman montañas

COLISIÓN DE LA CORTEZA CONTINENTAL

COLISIÓN DE LA CORTEZA CONTINENTAL

Restos de volcanes antiguos

LITÓSFERA

Los sedimentos a gran profundidad se funden para formar el magma

La antigua corteza oceánica acaba en el manto

SE SUBDUCE LA CORTEZA OCEÁNICA

CORRIENTE DE CONVECCIÓN

Zona de colisión
Cuando la subducción oceánica-continental empuja dos bloques de corteza continental entre sí, desaparecen los antiguos océanos y volcanes y se comprimen los sedimentos del lecho oceánico para formar cordilleras. El Himalaya reposa sobre este tipo de borde.

Terremotos

Las placas tectónicas están en movimiento constante, pero a veces sus irregulares bordes se enganchan hasta que se acumula la tensión suficiente para separarlos y generar las ondas de choque que provocan los terremotos.

¿Qué es un terremoto?

Cuando las placas se empujan entre sí, se acumula tensión en la falla que se forma entre ellas. Esta tensión distorsiona el borde de las placas hasta que las rocas ceden y rebotan hasta su posición anterior. Si pasa a menudo, el rebote es pequeño y solo provoca leves temblores. No obstante, si la falla está bloqueada durante más de un siglo, las rocas podrían cambiar varios metros en cuestión de segundos y desatar así un violento terremoto.

La falla forma una gran cicatriz en el paisaje

Movimiento de la placa

Línea de vegetación sobre la falla

La placa continúa moviéndose muy lentamente

La vegetación revela la distorsión

La placa pierde su forma

1 En la línea de falla Esta falla transformante marca el límite entre dos placas que rozan entre sí. Cada placa avanza tan solo 2,5 cm por año.

2 Rocas bajo presión Al cabo de varias décadas las placas siguen moviéndose igual, pero la falla ha quedado bloqueada, lo que ha distorsionado las placas y acumulado tensión.

¿CUÁL ES EL TERREMOTO MÁS FUERTE QUE SE HA REGISTRADO?

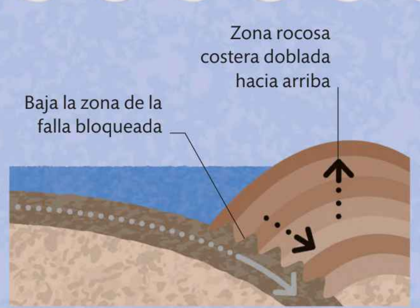
El terremoto más fuerte registrado hasta la fecha tuvo lugar el 22 de mayo de 1960 en Chile: llegó hasta 9,5 en la escala de Richter y el tsunami que provocó alcanzó Hawái, Japón y Filipinas.

Desatar un tsunami

Cuando una placa tectónica roza con otra en el lecho oceánico, la capa superior se distorsiona y su borde se desplaza abajo. Cuando las rocas ceden, la placa distorsionada se estira de repente y empuja una gran ola que cruza rápidamente el océano. En el mar abierto la ola es larga y baja, pero al llegar a aguas poco profundas puede crecer hasta convertirse en un devastador tsunami.



1 Falla bloqueada Una profunda fosa oceánica cerca de tierra es una zona de subducción donde el lecho oceánico avanza bajo el continente, pero la falla entre las placas está bloqueada.



2 Placa distorsionada Al quedar atrapado por la falla bloqueada, el borde sumergido de la placa continental también se desplaza abajo, lo que distorsiona la placa, y la región costera sube.

3 Rotura y rebote
Al cabo de un siglo, la falla cede ante la presión. En cuestión de minutos ambas placas pueden ceder hasta 2,5 m y generar ondas de choque que parten desde puntos bajo el suelo (el foco) y en la superficie (el epicentro).

La placa sigue moviéndose muy lentamente

Las rocas en el margen de la placa cambian rápido

La onda de choque parte del epicentro

El epicentro es el punto de la superficie terrestre directamente sobre el foco

La onda de choque parte del foco

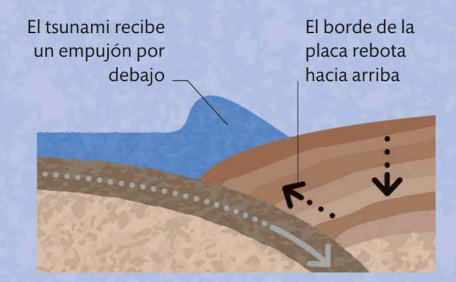
El punto de fractura bajo tierra es el foco del terremoto

Ambas placas siguen moviéndose igual que antes

La vegetación no está alineada sobre la falla

4 Tras el terremoto
Tras el terremoto principal y sus réplicas, las rocas ya no están bajo presión. Sin embargo, las placas siguen moviéndose y, por lo tanto, vuelve a empezar el ciclo.

500 000 TERREMOTOS TIENEN LUGAR **CADA AÑO**, PERO MENOS DE UN **CENTENAR** PROVOCAN **DAÑOS**



3 Liberación y subida
Cuando la falla se rompe, el borde de la placa continental rebota arriba y provoca un tsunami, que aparece en la costa, más baja porque la placa se ha estirado.

MEDICIÓN DE TERREMOTOS

Los destructivos terremotos se miden con la escala de magnitud de momento, que ha sustituido a la antigua escala de Richter porque las mediciones realizadas aportan a los científicos una imagen más precisa de la energía liberada en los casos más potentes. Los datos se recogen con unos instrumentos, los sismógrafos, que producen sismogramas para ilustrar el grado de movimiento de las placas.



Volcanes

La roca fundida y el gas salen a la superficie por grietas conocidas como chimeneas volcánicas, normalmente encerradas en un cráter cóncavo. La mayoría se producen cerca de los bordes de placas tectónicas, pues son producto de las fuerzas que las rompen o las hacen chocar.

Puede formarse en el aire una enorme nube de diminutas partículas de cristal y roca

Llueve ceniza volcánica de la nube; las partículas más pesadas se quedan cerca del cráter

A veces surge lava de las chimeneas laterales del volcán

¿Por qué se forman los volcanes?

Existen tres tipos principales de volcán: algunos erupcionan en rifts entre placas continentales u oceánicas divergentes. Otros, con diferentes tipos de lava, erupcionan sobre zonas de subducción, donde una placa roza por debajo contra otra. El tercer tipo es producto de puntos calientes del manto que provocan una fusión local de la roca justo por debajo de la corteza, normalmente lejos de los bordes de placa.

¿QUÉ VOLCANES SON LOS MÁS PELIGROSOS?

No lo son los más activos, sino los que apenas presentan erupciones: pues acumulan una inmensa presión en su interior que puede causar unas explosiones catastróficas.

Las coladas de lava forman un cono de poca pendiente que parece un ancho escudo abombado

La lava líquida fluye a gran velocidad y cubre gran distancia

El cráter erupciona roca fundida y gas

Bloques de corteza fracturada bajan hacia el manto

Movimiento de la placa

CORTEZA

El magma surge por la corteza

La caliente roca del manto se funde y forma basalto fundido

LITÓSFERA

MANTO

Volcán de rift

Cuando las placas se separan entre sí, el manto sufre menos presión y parte de su caliente roca se funde y erupciona en forma de lava basáltica fluida, encargada de formar anchos volcanes en escudo al salir.

Este tipo de volcanes emiten enormes nubes de ceniza

Este tipo de lava viscosa produce volcanes de gran pendiente

CORTEZA OCEÁNICA

El magma surge a través de fracturas en la corteza

CORTEZA CONTINENTAL

Placa subducida saturada de agua de mar

LITÓSFERA

MANTO

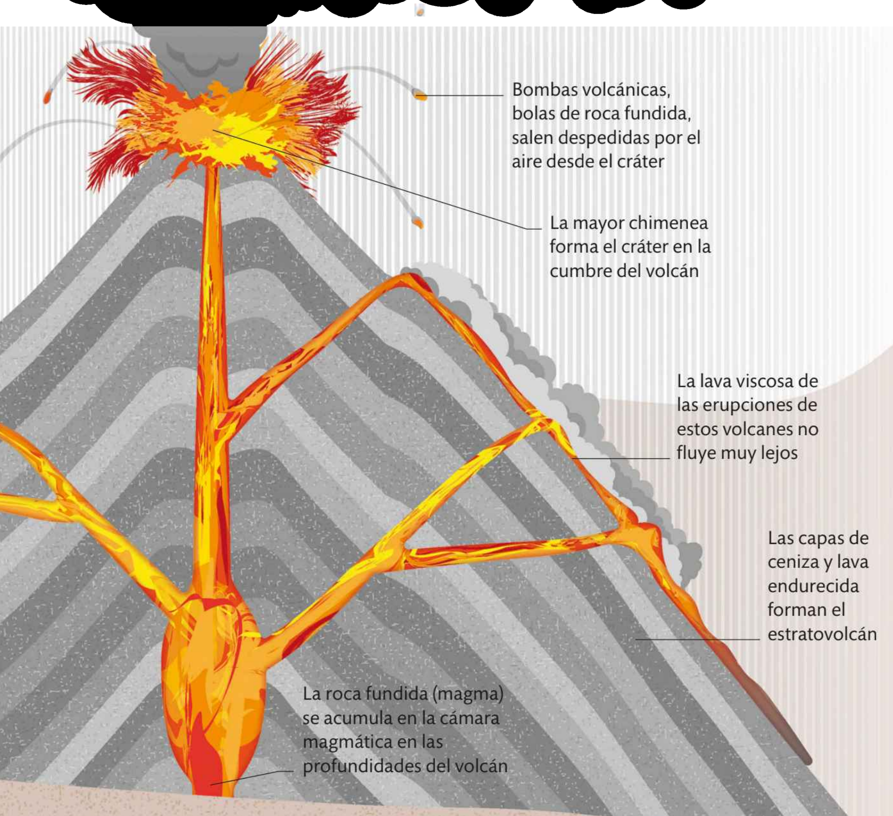
El agua hierve en las rocas superiores y las funde

Volcán de zona de subducción

La corteza oceánica que baja en las zonas de subducción contiene agua que altera la naturaleza de la roca caliente y la funde. En estos volcanes la roca fundida erupciona en forma de espesa lava viscosa.

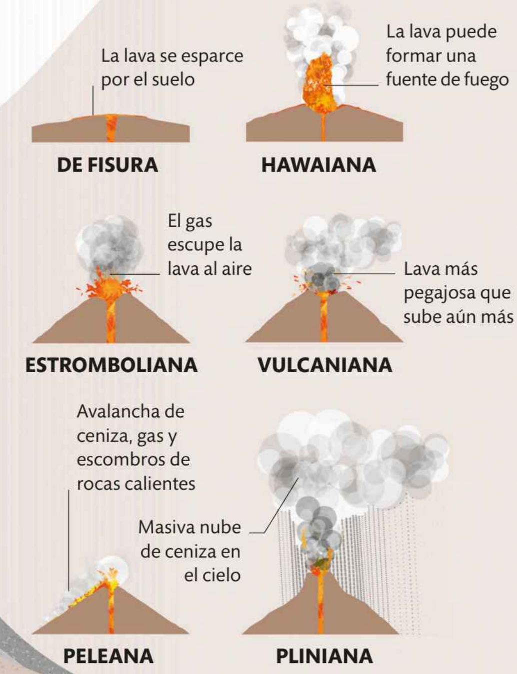
¿Cómo es un volcán por dentro?

Un volcán de zona de subducción tiene un cono muy inclinado, denominado estratovolcán, compuesto por capas de lava y ceniza volcánica, que erupciona lava pegajosa que a menudo [redacted]



Tipos de erupción

Los volcanes erupcionan de diferentes maneras según la naturaleza de su lava. La lava fluida de los volcanes de rift y puntos calientes causa fisuras relativamente silenciosas y erupciones hawaianas. La lava más pegajosa es más explosiva y provoca erupciones estrombolianas, vulcanianas, peleanas y plinianas.



El volcán extinto se hunde bajo las olas cuando se enfría la corteza sobre la que reposa

El antiguo volcán se extingue al alejarse del punto caliente

El volcán erupciona y emite lava

CORTEZA OCEÁNICA

Movimiento de la placa sobre el punto caliente

LITÓSFERA

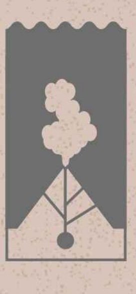
PLUMA MANTÉLICA

MANTO

El calor que sube por el manto forma un punto caliente bajo el lecho oceánico

Volcanes de punto caliente

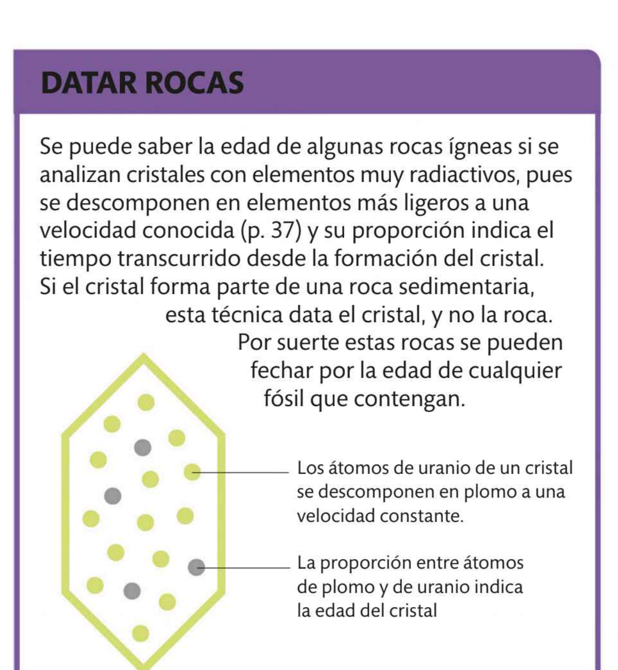
Este tipo de volcanes se deben a corrientes aisladas de calor, o plumas mantélicas bajo la corteza. El movimiento de las placas por encima del punto caliente puede crear cordilleras volcánicas, como las de Hawái y las islas Galápagos.



EL 90 % DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA TIENE LUGAR BAJO EL AGUA

DATAR ROCAS

Se puede saber la edad de algunas rocas ígneas si se analizan cristales con elementos muy radiactivos, pues se descomponen en elementos más ligeros a una velocidad conocida (p. 37) y su proporción indica el tiempo transcurrido desde la formación del cristal. Si el cristal forma parte de una roca sedimentaria, esta técnica data el cristal, y no la roca. Por suerte estas rocas se pueden fechar por la edad de cualquier fósil que contengan.



Ciclo de las rocas

Las rocas se componen de mezclas de minerales, como cuarzo o calcita. Algunas son muy duras, otras más blandas, pero con el tiempo todas se erosionan y se transforman en tipos diferentes de roca en lo que se conoce como el ciclo de las rocas.

Transformación constante

Cuando la roca fundida se enfría, sus minerales se cristalizan (solidifican) y forman varios tipos de dura roca ígnea sólida. Con el tiempo, la erosión las descompone en finos sedimentos que formarán las capas de las rocas sedimentarias. El calor y la presión las transforma en rocas metamórficas, más duras. Si quedan enterradas a una gran profundidad se funden y vuelven a enfriar para formar más rocas ígneas.

¿CUÁL ES LA ROCA MÁS ANTIGUA DE LA TIERRA?

La edad de unos cristales de circión de la región de Jack Hills, en Australia occidental, se ha datado en 4400 millones de años, ¡casi tanto como la edad de la Tierra (4500 millones de años)!



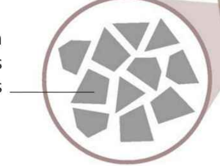
ROCA ÍGNEA EXTRUSIVA

El magma que surge de un volcán se conoce como lava. Se enfría rápidamente y forma pequeños cristales de mineral dentro de una masa sólida. La lava de los volcanes de zonas de subducción suele formar riolita, compuesta sobre todo por cristales de cuarzo y feldespato. La riolita es muy dura, igual que otras rocas ígneas extrusivas con cristales pequeños, como la andesita y el basalto.

RIOLITA

Enfriamiento rápido

Se forman grandes cristales



En general, la roca caliente de las profundidades es sólida, pero los cambios químicos o la reducción de la presión pueden fundirla y formar roca líquida caliente (magma). Como es menos densa que la roca sólida, sube y se filtra hacia la superficie. Al enfriarse empieza a formar cristales.

Enfriamiento lento

CRISTALIZACIÓN



Los minerales pierden su forma



Fusión



SOLEVANTAMIENTO

Las fuerzas de la tectónica de placas que levantan montañas pueden fracturar y doblar rocas para dejarlas expuestas al aire, donde quedarán vulnerables al desgaste (descomposición en partículas más pequeñas) y la erosión (recogida por parte de ríos, glaciares o viento).

DESGASTE Y EROSIÓN







Viento

Ríos

El agua en las grietas de la roca se expande al congelarse y la rompe. La lluvia disuelve el dióxido de carbono del aire para formar el débil ácido carbónico, corrosivo para muchos minerales. El viento erosiona las rocas blandas. Ríos o glaciares transportan fragmentos pequeños de roca.









LITIFICACIÓN

Deposición

Compactación

Cementación

El sedimento (las partículas de roca producto del desgaste) que transportan ríos y glaciares, o el viento, se deposita y entierra. Las partículas se compactan por el peso de más sedimentos y forman capas. Los minerales disueltos en el agua cristalizan y quedan unidos en un proceso denominado litificación.



Presión

Presión

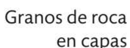
Presión

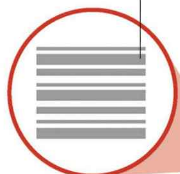
ROCA ÍGNEA INTRUSIVA

El magma que no sale a la superficie se enfría lentamente bajo tierra y forma grandes cristales minerales, en un proceso que puede durar millones de años. De este modo se forman descomunales masas de roca ígnea intrusiva, como el granito. El granito tiene los mismos ingredientes minerales que la riolita, pero sus cristales son mucho mayores.

GRANITO







ROCA SEDIMENTARIA

Los fragmentos de roca unidos forman rocas sedimentarias como la arenisca, compuesta por granos de arena cementados en capas. Otras rocas sedimentarias se componen de partículas más pequeñas de barro o lodo, o incluso los restos microscópicos de plancton marino. La roca, cuanto más antigua y comprimida, más dura será.

ARENISCA

ROCA METAMÓRFICA

La arenisca se puede transformar en cuarcita, un tipo de roca metamórfica muy dura. La roca sedimentaria con capas también se puede comprimir (en forma de pizarra, esquisto o gneis); cuando pasa, la estructura mineral se dobla y pierde su forma. Estas rocas también contienen nuevos minerales formados por solución y recristalización.

CUARCITA

METAMORFISMO

Presión



Cuando se entierra una roca bajo presión y calor intensos, se altera su carácter en un proceso denominado metamorfismo. Suele suceder cuando la tectónica de placas deforma los límites de los continentes y forma cordilleras.

Océanos

La Tierra es un planeta predominantemente azul: la mayor parte de su superficie está cubierta por océanos: Pacífico, Atlántico, Índico, Ártico y Antártico. Sin embargo, el agua circula por todos ellos sin distinción alguna.

EN LA **FOSA DE LAS MARIANAS** DEL OCÉANO PACÍFICO **CABRÍA EL EVEREST,** Y AÚN **QUEDARÍAN 2000 M HASTA LA SUPERFICIE**



¿POR QUÉ EL AGUA DEL MAR ES SALADA?

El agua de lluvia que ha caído sobre la tierra durante millones de años ha llevado sales minerales hacia el mar, que le dan su gusto salado al agua de mar.

OCÉANO ABIERTO

¿Qué es un océano?

Los océanos son algo más que grandes masas de agua, sino que son producto de las fuerzas de la tectónica de placas (pp. 224-225). Cuando las placas de la corteza terrestre se separan, se forma nueva corteza. La corteza oceánica está mucho más abajo que la corteza continental (p. 222), más gruesa y ligera, y forma el lecho oceánico. Si las placas se unen bajo el agua, una se subduce bajo la otra y aparecen profundas fosas oceánicas. Los mares de la plataforma continental, los mares costeros situados sobre placas continentales, son mucho menos profundos que los verdaderos océanos.

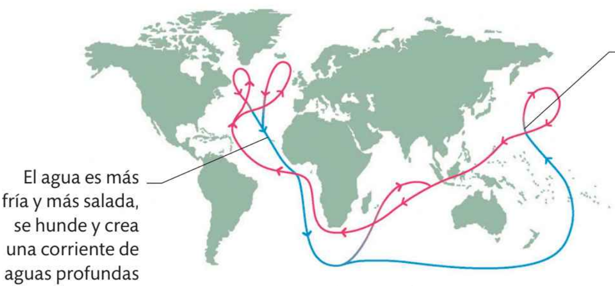
El lecho oceánico auténtico, la llanura abisal, está a 3000-6000 m por debajo de las olas

Los escombros y partículas de roca erosionados de los continentes se acumulan en la base de la corteza continental y a lo largo de la llanura abisal

LLANURA ABISAL

OCÉANOS EN MOVIMIENTO

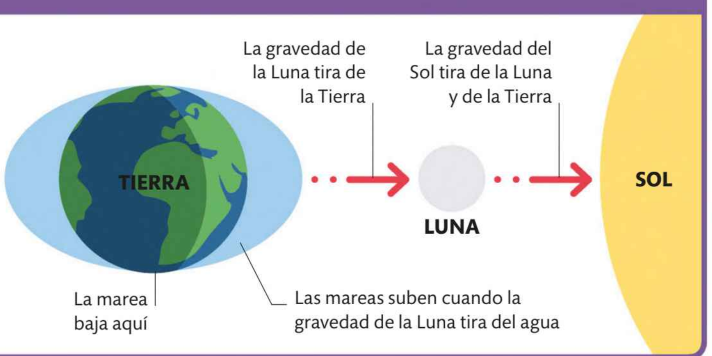
Los vientos crean las potentes corrientes de superficie por los océanos que llevan agua fría a los trópicos y agua cálida hacia los polos, y se vinculan con corrientes de agua profunda impulsadas por el agua fría y salada bajando hacia el lecho oceánico. Juntas, estas corrientes transportan el agua oceánica por todo el mundo en una red denominada a veces la cinta transportadora global.



CORRIENTES OCEÁNICAS

¿POR QUÉ SUBEN Y BAJAN LAS MAREAS?

La gravedad de la Luna tira del agua de los océanos hasta convertirla en un óvalo con dos mareas. Con la rotación de la Tierra, las mareas suben y bajan en las costas marinas, que experimentan a diario las mareas altas y bajas. Cuando la Luna se alinea con el Sol en luna nueva y luna llena, la gravedad combinada de ambos provoca mareas más grandes. En Luna creciente y menguante, la tracción gravitatoria de la Luna está en ángulo recto con el Sol y las mareas son más suaves.



MAR DE PLATAFORMA CONTINENTAL

LÍNEA DE COSTA

El lecho marino se solapa con la barrera continental al bajar hasta el lecho oceánico

Lecho del mar de la plataforma continental, normalmente a menos de 150 m bajo de la superficie

PLATAFORMA CONTINENTAL

TALUD CONTINENTAL

El borde del continente forma el talud continental, que se desploma hasta una profundidad mínima de 2500 m

EMERSIÓN CONTINENTAL

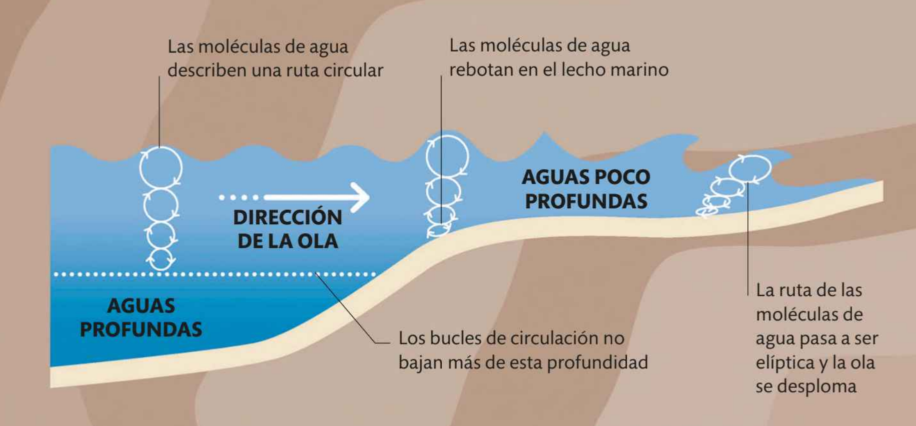
SEDIMENTOS

CORTEZA OCEÁNICA

CORTEZA CONTINENTAL

Olas

El viento sopla sobre el océano y crea olas en su superficie. Cuanto más potente sea el viento y más tiempo dure, mayores serán las olas, igual que lo serán cuanto más lejos viajen. Las moléculas de agua describen una ruta circular, por eso las olas nos empujan hacia arriba y adelante cuando nos atrapan y después bajamos y vamos atrás cuando la ola pasa.



1 Aguas abiertas En el mar, las olas hacen que el agua se mueva hacia arriba y adelante, y abajo y atrás. El agua describe una ruta circular.

2 Las olas crecen Las moléculas de agua rebotan en el lecho marino y hacen que la ola sea más corta e inclinada al acercarse a la orilla.

3 Rompen las olas Cuando el lecho marino es menos profundo, las rutas son más elípticas y la cresta de la ola se hace tan alta que acaba tumbándose y rompiendo.

Atmósfera terrestre

La Tierra está rodeada por gases que protegen su superficie de la perniciosa radiación solar y retienen el calor por la noche, lo que hace posible la vida. La circulación del aire por la atmósfera inferior causa los fenómenos meteorológicos.

¿Qué es la atmósfera?

La atmósfera está compuesta por gases, principalmente nitrógeno, oxígeno, argón y dióxido de carbono. Se divide en capas definidas por su temperatura: algunas capas se enfrían con la altura, mientras que otras se calientan por la capacidad que tienen algunos gases de absorber los rayos del Sol. La mayor parte del aire se concentra en su capa inferior, la troposfera; su densidad disminuye con la altura: a tan solo 10 km por encima del nivel del mar hay tan poco aire que es imposible vivir.

¿POR QUÉ LA ATMÓSFERA NO SE VA HACIA EL ESPACIO?

La gravedad mantiene las partículas de gas cerca de la superficie de la Tierra. La Luna, mucho más pequeña, tiene menos gravedad y es incapaz de retener su atmósfera.

Exosfera
La capa más exterior de la atmósfera se funde con el espacio, no tiene un borde definido. Las partículas del aire están tan dispersas que ni interactúan.

Termosfera
Por encima de la mesosfera, la termosfera cubre una descomunal distancia. Su temperatura aumenta con la altura hasta un máximo de 2000 °C, porque los gases de esta capa absorben los rayos X y la luz ultravioleta del Sol.

LA TERMOSFERA PUEDE LLEGAR HASTA LOS 2000 °C

Giros y desvíos

En la troposfera el aire cálido sube, se desplaza hacia los lados, se enfría y baja. Estos patrones de circulación distribuyen el calor por todo el globo (pp. 240-241). La rotación terrestre hace que el aire en circulación se desvíe y no vaya recto. Al norte del ecuador el flujo de aire se desvía hacia la derecha, mientras que al sur lo hace hacia la izquierda. Esto se conoce como el efecto Coriolis y tiene como resultado que el aire de cada patrón de circulación viaje en espiral por el globo.

En los trópicos, los vientos alisios del norte soplan por el nordeste

Vientos sobre el Atlántico norte templado

La rotación causa los vientos polares del este

La Tierra gira sobre su eje polar

NORTE

ECUADOR

SUR

Los vientos de los océanos templados del sur soplan por el noroeste

Los vientos alisios del sur soplan por el sudeste

Espirales globales
La circulación del aire en espiral que sopla cerca de la superficie de la Tierra provoca los vientos constantes. Estos vientos se dejan notar más sobre los océanos.

50-80 KM

Mesosfera
En la mesosfera la temperatura del aire es estable al principio, pero disminuye con la altura. En su punto más frío puede estar por debajo de -100 °C. Los gases de esta capa son lo bastante espesos para frenar los meteoritos y hacer que se incendien.

Los fragmentos de rocas espaciales que cruzan la mesosfera se incendian en forma de meteoritos

RADIACIÓN DEL SOL

16-50 KM

Estratosfera
Esta región de fino aire seco tiene una temperatura estable hasta unos 20 km de altura; después cada vez es más cálida porque absorbe la energía solar. La estratosfera contiene la capa de ozono.

CAPA DE OZONO

El calor absorbido por la capa de ozono se irradia y crea un espacio cálido

Una capa de gas ozono absorbe la radiación solar ultravioleta

Los globos meteorológicos llegan hasta la estratosfera inferior, más arriba que cualquier avión o ave

La temperatura baja con la altura

0-16 KM

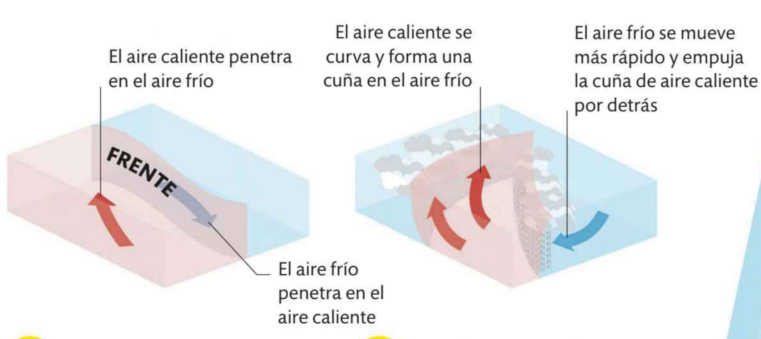
Troposfera
La capa baja es el aire que respiramos; es donde se producen los fenómenos meteorológicos. Su temperatura y densidad disminuyen con la altura.

Los aviones suelen volar por la troposfera, pero a veces suben hasta la estratosfera para evitar turbulencias

Las nubes se forman en la troposfera

La meteorología

La meteorología es el estado de la atmósfera en un lugar y momento concretos. Cambia constantemente porque el Sol evapora la humedad en el aire caliente, que sube y forma nubes. Este proceso crea los sistemas giratorios de baja presión, o ciclones, que provocan viento y lluvia, contrarrestados por la calma de los anticiclones.



1 Frío y calor
A menudo los ciclones se forman sobre océanos templados donde las masas de aire caliente húmedo y tropical chocan con el aire frío polar. Un frente es la región donde chocan ambas masas.

2 Empieza la rotación
Ambas masas se mueven en rutas curvadas debido a la rotación terrestre en un fenómeno conocido como efecto Coriolis. Estas rutas curvadas siguen un patrón giratorio y las masas de aire giran en espiral.

Nacimiento de un ciclón

Cuando el húmedo aire caliente sube, crea una zona de baja presión que tira del aire a su alrededor en una espiral denominada ciclón, o depresión. El aire sube y pasa por encima del aire más frío y denso que hace que su humedad se condense en forma de nubes y lluvia. El aire, que percibimos como viento, es más potente cuando el aire caliente sube con mucha energía. En los trópicos genera las potentes tormentas conocidas como ciclones tropicales, huracanes o tifones.

NIEVE

Si las gotitas de las nubes suben lo bastante, forman microscópicos cristales de hielo. El agua que se congela en los cristales los agrupa en copos de nieve, que forman esponjosas masas más grandes que caen en forma de nieve.

¿CÓMO PUEDE GRANIZAR EN KENIA?

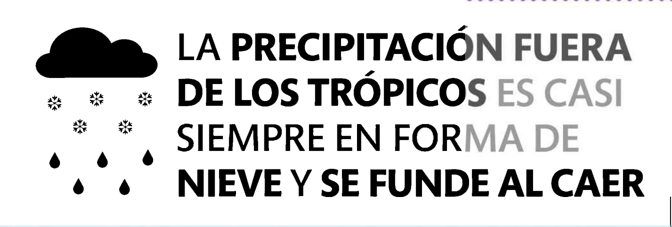
Las nubes de los trópicos son tan altas que la humedad llega a la fría atmósfera superior, se congela y cae en forma de granizo (pp. 238-239).

Las nubes bajas y densas cerca de frentes cálidos causan lluvia continua

FRENTE CÁLIDO

El aire caliente sube por encima del aire frío, porque este es más denso y pesado





LA PRECIPITACIÓN FUERA DE LOS TRÓPICOS ES CASI SIEMPRE EN FORMA DE NIEVE Y SE FUNDE AL CAER

Cuando los frentes chocan, se combinan para formar un único frente ocluido y la cuña de aire caliente abandona el suelo

Los ciclones giran en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio sur (y al contrario en el norte)

El aire sube en espiral

Los cirros, nubes tenues y altas, son el primer signo del avance de un frente cálido

Aire absorbido de las áreas de alta presión

Los símbolos indican la dirección en la que se mueve el frente

CICLÓN (SISTEMA DE BAJA PRESIÓN)

4 El aire caliente abandona el suelo
El frente frío se suele mover más rápido que el caliente, lo asalta y levanta el aire caliente del suelo: esto es una oclusión, que se percibe en forma de nube en espiral. A partir de este momento el ciclón empieza a perder energía y deshincharse.

Los vientos transportan todo el sistema meteorológico entero en esta dirección

3 Frentes cálidos y fríos
Al ampliar la sección transversal lateral del ciclón se observa que el avance del aire caliente lo sitúa por encima del aire frío para formar un «frente cálido» móvil con un gradiente poco inclinado. El aire más frío que avanza por detrás empuja el aire caliente por debajo y lo obliga a formar un «frente frío» más pronunciado.

FRENTE FRÍO

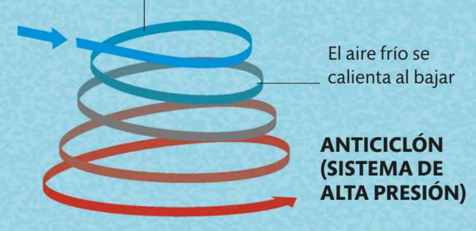
DIRECCIÓN DEL VIENTO

La cuña de aire frío obliga al aire caliente y húmedo a subir y crear nubes altas

Las nubes altas provocan aguaceros

Anticiclones

Cuando baja el aire frío y crea una zona de alta presión del aire, este gira hacia el exterior en forma de espiral: es un anticiclón. El descenso del aire no deja subir el vapor de agua ni formar nubes, por eso el cielo suele ser azul y soleado. Las diferencias de presión son muy bajas en un anticiclón, por eso el viento sopla poco y el tiempo es suave y estable.



Meteorología extrema

Los fenómenos meteorológicos más extremos se producen por la acumulación de humedad en el aire en forma de enormes nubes de tormenta, los cumulonimbos. Las poderosas corrientes de aire dentro de estas nubes desatan rayos, granizo e incluso tornados.

Supernubes

Los cumulonimbos son mucho más grandes que las otras nubes, cubren casi desde el suelo hasta la parte superior de la troposfera (p. 235). Son producto de la intensa evaporación de la humedad del suelo o la superficie del océano. Cuando el vapor sube y se enfría, se condensa en forma de gotitas de agua para formar nubes gigantes y liberar energía en forma de calor (p. 117). El calor calienta el aire, que sube aún más, recoge más vapor de agua que se condensa y libera todavía más energía... y así continúa el ciclo. Al final la nube puede llegar a más de 10 km de altura.

2 Cómo se forma el granizo Las potentes corrientes ascendentes hacen subir de nuevo a los cristales de hielo. Acumulan más humedad, que se congela en forma de capa superior a mayor altura. Este fenómeno se repite varias veces: el granizo se forma por la acumulación de capas de hielo.

El granizo capturado por las corrientes ascendentes acumula más humedad

El desplome del aire frío hace caer el granizo, más pesado

AIRE CALIENTE ASCENDENTE

3 Caída del granizo Al final el granizo es demasiado grande y pesado para las corrientes ascendentes y acaba cayendo al suelo.

¿QUÉ ES UN HURACÁN?

La intensa evaporación de los océanos tropicales forma colosales sistemas de nubes alrededor de las zonas de baja presión (p. 236). El aire gira en su interior a gran velocidad y causa el potente viento del huracán.



EL GRANIZO PUEDE TENER EL TAMAÑO DE UN PUÑO

TORNADOS

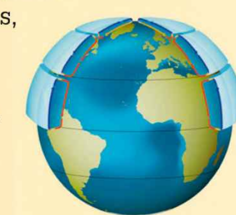
En algunos lugares del mundo, las masas giratorias de aire frío y caliente crean descomunales cumulonimbos arremolinados conocidos como supercélulas. El aire ascendente en rotación a gran velocidad puede concentrarse en un pequeño vórtex, o tornado, con la potencia suficiente para destruir una casa.

El clima y las estaciones

La luz solar y el calor se concentran en los trópicos y se dispersan cerca de los polos. El calor causa las corrientes de aire de la atmósfera que crean las zonas climáticas.

Células de circulación

En los trópicos, el fuerte calor evapora el agua de los océanos. Cuando el aire cálido y húmedo sube, crea una banda de baja presión conocida como zona de convergencia intertropical (ZCI) y se enfría. El vapor de agua se condensa en gigantescas nubes y provoca lluvia intensa. El aire, ahora seco y frío, fluye hacia las zonas subtropicales, baja y causa la alta presión que impide la lluvia. Esta célula de circulación es la célula de Hadley. Hay dos células más, la de Ferrel y la polar, con efectos similares en regiones más frías.



TIERRA

PARTE SUPERIOR DE LA TROPOSFERA

ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL

Se forman enormes nubes altas por la condensación del vapor de agua

El aire tropical se aleja del ecuador y se enfría

CÉLULA DE HADLEY

El aire cálido y húmedo sube

El aire frío y seco baja y se calienta

El aire seco del desierto fluye hacia el ecuador

Baja presión

ZONA SUBTROPICAL

El aire frío y seco baja y se calienta

El aire cerca del suelo se aleja del ecuador

ECUADOR

TRÓPICOS

SUBTRÓPICOS

Alta presión

REGIONES TEMPLADAS

Las áreas de la ZCI tienen lluvia abundante

Los árboles son muy altos por la lluvia casi constante

Paisajes yermos y rocosos por la falta de lluvia

Los cactus se adaptan a los climas áridos

Las áreas cerca de la zona subtropical suelen tener el cielo despejado

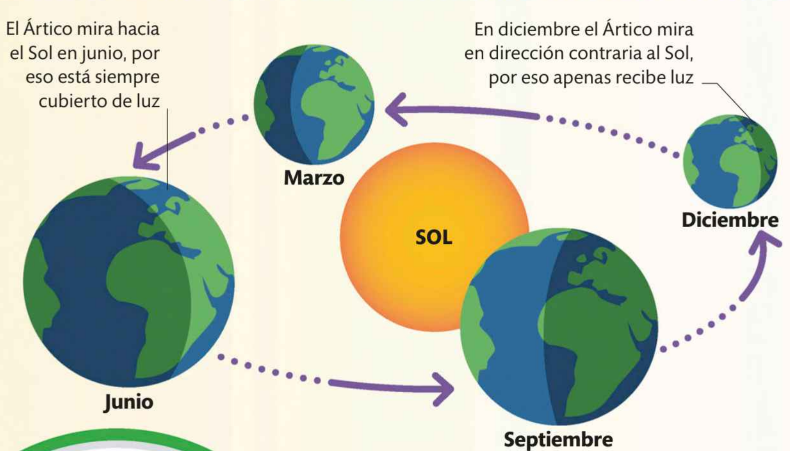
Trópicos
El aire húmedo ascendente cerca del ecuador propicia grandes nubes de tormenta que provocan intensas lluvias diarias, magníficas para el crecimiento de las selvas tropicales. Los árboles producen vapor de agua, así que hasta cierto punto son responsables de crear su propio clima.

Subtrópicos
El aire ecuatorial ascendente llega a la parte superior de la troposfera y fluye plano hasta que se enfría y baja sobre los subtrópicos. Este aire descendente no permite la formación de nubes y la aparición de la lluvia. Así se crean desiertos como el Sahara.

LOS SATÉLITES CAPTARON 70,7 °C EN EL DESIERTO DE LUT, IRÁN: LA MAYOR TEMPERATURA REGISTRADA

Ciclos estacionales

El eje de rotación de la Tierra está inclinado, por eso las latitudes polares y templadas se acercan y se alejan del Sol y tienen verano e invierno. Cerca de los polos las estaciones son más extremas. La ZCI también se desplaza hacia el norte y el sur para cambiar entre estaciones tropicales húmedas y secas. Las estaciones monzónicas se producen por el cambio de la dirección del viento que aporta aire húmedo de los océanos, acompañado de lluvias intensas.



¿CUÁL ES EL LUGAR MÁS SECO DE LA TIERRA?

Los valles secos de McMurdo, en la Antártida, llevan sin lluvia ni nieve unos dos millones de años. Su paisaje es de roca pelada y grava.

Las áreas cerca del frente polar suelen presentar nubes

El aire frío y seco fluye hacia el ecuador

CÉLULA DE FERREL

El aire cálido y húmedo sube

FRENTE POLAR

Baja presión

El aire cálido y húmedo sube

CÉLULA POLAR

El aire frío baja y se aleja del polo

Alta presión

CÍRCULO POLAR

Regiones polares
El aire frío seco cae sobre las regiones polares y forma desiertos fríos. Se aleja de los polos a baja altura, se calienta y recoge humedad. En las regiones templadas, el aire ascendente subtropical lo arrastra arriba y vuelve a volar hacia los polos a gran altura.

Regiones templadas
En las regiones templadas, el aire cálido de los subtrópicos a baja altura choca con el aire polar más frío, lo que lo hace subir, formar nubes y lluvia, especialmente cerca de los océanos. La lluvia crea bosques y praderas.

LA MAYOR PRECIPITACIÓN EN UN DÍA FUE EN LA ISLA REUNIÓN: SE REGISTRARON 1870 MM EN 1952

El ciclo del agua

El agua es la fuerza vital del planeta. La vida no existiría sin el agua porque es esencial para todos los procesos bioquímicos que mantienen a los seres vivos. Sin el ciclo del agua, los continentes serían desiertos sin vida. El agua también da forma al planeta erosionando su superficie.

Sistema circulatorio de la Tierra

El Sol es el motor del ciclo del agua, ya que calienta los océanos, en cuya superficie se produce una evaporación constante. El viento empuja las nubes que llevan el agua hacia tierra firme en forma de lluvia. Esta penetra en el suelo. Las plantas absorben parte del agua y la devuelven al aire para que forme más nubes. Casi todo el resto abandona la tierra por los ríos y acaba volviendo al mar para volver a empezar el ciclo.

Condensación

Temperatura

VAPOR DE AGUA

El agua cuando se evapora se convierte en un gas invisible en el aire, el vapor de agua. El aire cálido puede contener mucho vapor de agua, que experimentamos en forma de humedad. Cuanto más frío es el aire, menos vapor de agua puede contener.

Evaporación

Respiración celular

Transpiración

Evaporación

Plantas

Animales

Océanos

SOL

CALOR DEL SOL

SE CALIENTA LA SUPERFICIE MARINA

VIDA TERRESTRE

Durante la transpiración se evapora agua de las hojas de las plantas. Las raíces obtienen el agua de este proceso absorbiendo más líquido del suelo. Los animales y las plantas también liberan vapor de agua cuando convierten alimento en energía (respiración celular).

AGUA SALADA

El agua oceánica es rica en sales minerales disueltas de los sedimentos de tierra que llevan los ríos. Un proceso de destilación natural purifica el agua evaporada de la superficie del océano calentada por el Sol y la separa de las sales.

Vuelve al océano

Se filtra hacia el océano

LA TIERRA TIENE 1400 MILLONES DE KILÓMETROS CÚBICOS DE AGUA





HAY ZONAS DE LA **CAPA DE HIELO ANTÁRTICA** CON MÁS DE **2,5 MILLONES DE AÑOS**

NUBES

El aire cálido ascendente que transporta el vapor de agua se enfría a mayores alturas, lo que provoca que el vapor se condense en microscópicas gotas de agua y cristales de hielo, visibles en forma de nubes que pueden cubrir enormes distancias según el viento.





Altura **Vientos**



PRECIPITACIÓN

Nieve

Al enfriarse una nube, sus gotitas y cristales de hielo crecen y se combinan para formar gotas de lluvia o copos de nieve más grandes, tan pesados que caen de la nube. Los copos de nieve suelen agruparse y formar masas más grandes y esponjosas.

Lluvia

Ríos

Lagos

HIELO

En los climas fríos la nieve no se funde, sino que se acumula y se comprime bajo el peso de más nieve para convertirse en hielo. En las montañas, el hielo baja lentamente por los glaciares y acaba fundiéndose, pero las capas de hielo polar quizá nunca se fundan. Con el paso de miles de años los glaciares crean profundos valles.



Glaciares







Escorrentía superficial

AGUA DULCE

La precipitación que queda en la superficie del suelo y la nieve fundida se conoce como escorrentía superficial y acaba en ríos y lagos, y más tarde de nuevo en el océano. La lluvia reacciona con el dióxido de carbono del aire y forma el ácido carbónico que erosiona las rocas y descompone los minerales disueltos en el agua.

Fusión

Escorrentía superficial



Se filtra bajo tierra

La lluvia y la nieve fundida se filtran bajo la superficie. En los niveles inferiores la roca queda saturada y forma acuíferos, o depósitos subterráneos. Puede que la piedra caliza se disuelva y aparezcan cuevas. El agua subterránea se filtra hasta llegar al océano.

Cuevas

AGUA SUBTERRÁNEA

¿DÓNDE ESTÁ EL AGUA?

Los océanos cubren dos tercios del planeta y contienen el 97,5 % del agua del mundo. Tan solo el 2,5 % de toda el agua es dulce y la mayoría está atrapada en forma de hielo en las regiones polares y en montañas elevadas, u oculta a mucha profundidad bajo tierra. Solo una pequeña fracción forma ríos y lagos.

Los océanos contienen el 97,5 % del agua del mundo

Solo el 0,3 % del agua dulce es líquida y está en la superficie

En glaciares, nieve y casquetes polares hay el 68,9 % del agua dulce

Agua salada

Agua dulce

El 30,8 % del agua dulce es subterránea

El resto del agua del planeta es agua dulce

TODA EL AGUA DE LA TIERRA

El efecto invernadero

La vida depende del efecto invernadero, la forma en que algunos gases de la atmósfera absorben parte de la radiación infrarroja que emite la superficie de la Tierra. Igual que los cristales de un invernadero, estos gases retienen el calor.

1 Radiación entrante
La energía radiada por el Sol llega en forma de radiación lumínica y ultravioleta, además de infrarroja y otras longitudes de onda.

Equilibrio energético del planeta

Históricamente el efecto invernadero ha sido algo bueno: sin la manta que supone la atmósfera, la temperatura media de la Tierra sería de unos –18 °C. Sin embargo, aunque es esencial que se conserve parte de la energía térmica de la Tierra, si la radiación que entra supera por mucho la que sale, sube la temperatura global.

2 Radiación reflejada
Parte de la energía solar, especialmente determinadas longitudes de onda, se refleja hacia el espacio. Las nubes son responsables de gran parte de la reflexión, pero los gases de la atmósfera y la superficie terrestre también reflejan algo de radiación.

3 Absorción de la energía solar
Se absorbe gran parte de la energía del Sol que llega a la superficie terrestre, ya sea luz visible o ultravioleta, y calienta el planeta.

4 Radiación de calidez
Un planeta cálido emite radiación, pero a longitudes de onda mucho más largas (infrarrojos). La radiación infrarroja es esencialmente calor radiado.

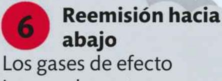


5 Escape de radiación
Gran parte de la radiación absorbida y reemitida por la atmósfera, las nubes y la superficie terrestre escapa hacia el espacio.

¿ALGUNA VEZ HIZO MÁS CALOR EN LA TIERRA QUE EN LA ACTUALIDAD?

Cerca del final de la era mesozoica (la época de los dinosaurios), la Tierra estaba tan caliente que en verano los polos no conservaban el hielo y el nivel del mar era 170 m superior al actual.

GASES DE EFECTO INVERNADERO

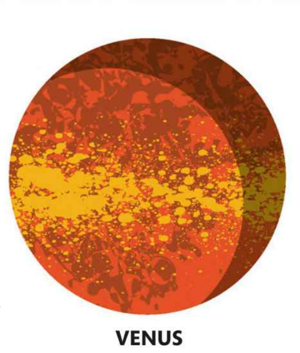


REEMITIDA DE VUELTA POR LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

6 Reemisión hacia abajo
Los gases de efecto invernadero atrapan parte de la energía infrarroja reemitida por la Tierra. Los gases se calientan, radian el calor de nuevo hacia la superficie y sube la temperatura global.

EL EFECTO INVERNADERO EN OTROS PLANETAS

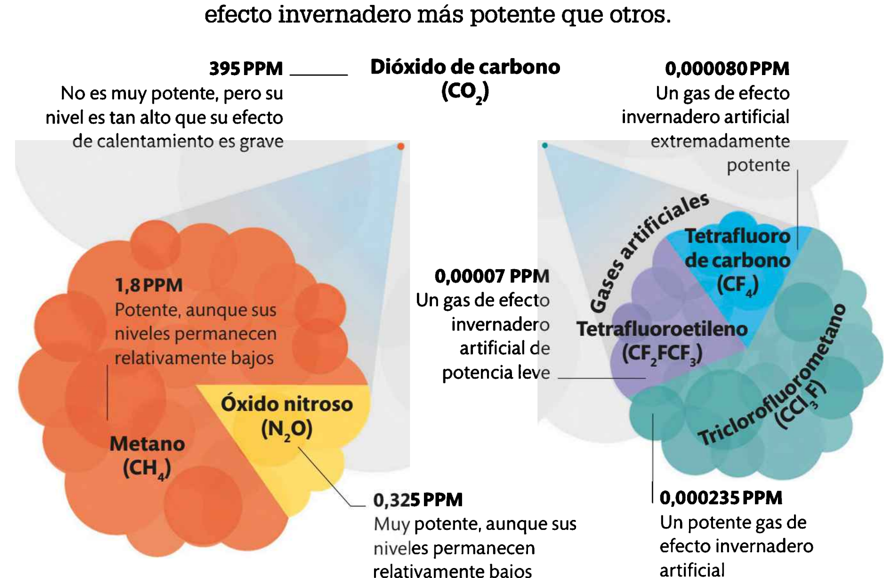
Venus tiene un efecto invernadero mucho más potente que la Tierra: su espesa atmósfera de dióxido de carbono retiene casi toda la energía solar que llega a la superficie y su temperatura es capaz de fundir el plomo. En cambio, Titán, la mayor luna de Saturno, tiene un efecto antiinvernadero creado por una espesa niebla naranja que bloquea el 90 % de la luz solar. Este mismo efecto, pero mucho más suave, puede aparecer en la Tierra por el gas y el polvo emitidos por volcanes.


VENUS

GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA ATMÓSFERA EN 2013 (EN PARTES POR MILLÓN, O PPM)

¿Quién tiene la culpa?

Los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre son vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y ozono, cuya estructura molecular les permite absorber la energía de la radiación infrarroja, calentarse y volver a emitir la radiación para mantener templado el planeta. Algunos gases absorben mejor el calor que otros por la manera en que sus moléculas interactúan con la radiación térmica. Es decir, algunos gases, aunque la atmósfera contenga poca cantidad, provocan un efecto invernadero más potente que otros.



Cambio climático

El clima cambia constantemente de manera natural. Se trata de cambios lentos, a lo largo de miles o millones de años. No obstante, vivimos un período de rápido cambio climático, causado por la contaminación de la atmósfera con gases que aumentan el efecto invernadero (pp. 244-245).

¿CUÁNTO PODRÍA SUBIR EL MAR?

Si la capa de hielo polar se funde, el nivel del mar podría subir hasta 25 m e inundar ciudades costeras como Barcelona, Londres, Nueva York, Tokio y Shanghái.

¿Qué está pasando?

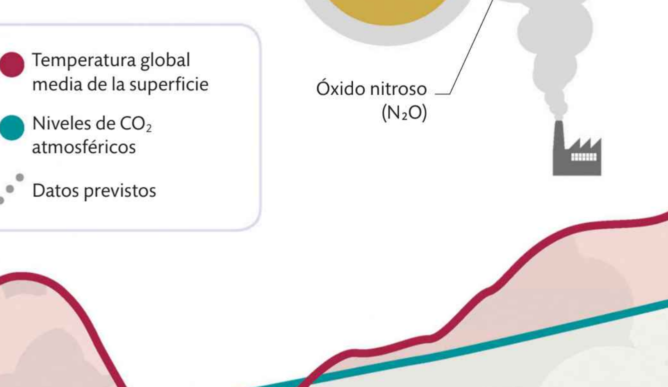
El mundo cada vez es más cálido. La temperatura sube desde, como mínimo, 1910; 16 de los 17 años más cálidos que se han registrado se han producido después de 2001. Mientras tanto, el análisis de la atmósfera desde 1958 muestra un aumento constante de dióxido de carbono (CO_2), el más importante de los gases de efecto invernadero. Este CO_2 adicional es producto de nuestro estilo de vida moderno, ávido de energía.

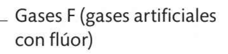
Al alza

Registramos la temperatura global del aire desde finales del siglo XIX. Desde entonces, ha habido subidas y bajadas, pero la tendencia es al alza. Coincide especialmente con el CO_2 atmosférico.

Más gases de efecto invernadero

La principal fuente de CO_2 son los combustibles fósiles, como el carbón o el petróleo. También producimos otros gases de efecto invernadero: metano y óxido nitroso, liberados por la agricultura moderna, y gases F artificiales, usados en aerosoles y sistemas de refrigeración.

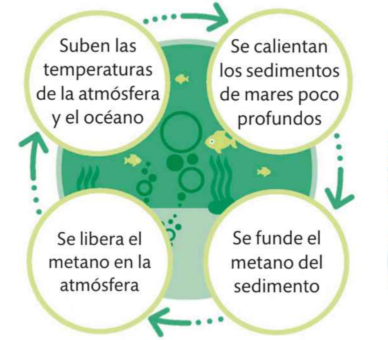






Círculos viciosos

Si la temperatura sigue subiendo podría provocar un efecto dominó que empeoraría la situación. Por ejemplo, con la deforestación de las selvas tropicales se pierden árboles que procesan el CO_2 de la atmósfera. Los mayores niveles de CO_2 atmosférico contribuyen al calentamiento global y alteran los sistemas de circulación atmosférica, lo que provoca sequías prolongadas y más pérdida de selva tropical. Otros efectos implican la liberación del metano del lecho marino y la fusión del hielo del Ártico.



LIBERACIÓN DEL METANO DEL LECHO MARINO

Al desaparecer el hielo reflectivo, los océanos más oscuros absorben más calor

Se funde el océano Ártico

FUSIÓN DEL HIELO DEL ÁRTICO



En todas las situaciones previstas se espera que suban los niveles de CO_2 atmosféricos

En casi todas las situaciones previstas se espera que suba la temperatura global media de la superficie

El aumento del CO_2 coincide con el aumento de la temperatura global

PROYECCIÓN DE PÉRDIDA DE HIELO DEL ÁRTICO 1970-2030

1970
1980
1990
2000
2012
2007
2030

TEMPERATURA GLOBAL MEDIA DE LA SUPERFICIE

14,8 °C
14,6 °C
14,4 °C
14,2 °C
14,0 °C
13,8 °C
13,6 °C
13,4 °C

1960 1980 2000 2020

Impacto global

El hielo polar se funde rápidamente. En marzo de 2017, el hielo marino invernal del Ártico llegó a su mínimo histórico. El agua que se funde del hielo glaciar llega a los océanos y hace subir el nivel del mar. Mientras tanto, los océanos, cada vez más calientes, desatan violentas tormentas y llevan a la extinción de los arrecifes tropicales de coral. En tierra, los desiertos crecen cada vez más.

Efectos adversos del calentamiento global	
	**Las temperaturas más cálidas provocan tormentas violentas por la evaporación rápida del agua del mar.**
	**Las inundaciones súbitas barren la tierra por el aumento de precipitaciones más intensas.**
	**La sequía provoca problemas con los cultivos, hambruna, migraciones masivas y malestar político.**

Índice

Los números en **negrita** remiten a las entradas principales.

A

B

E

F

G

H

N

O

P

Q R

S

T

U

Agradecimientos

DK agradece la colaboración de las siguientes personas:
Michael Parkin, por las ilustraciones; Suhel Ahmed y David Summers, por su asistencia editorial; Briony Corbett, por su asistencia de diseño; Helen Peters, por el índice; y Katie John, por la corrección.